



Lucas Scatulin Bocca

**Auxílio Multicritério à Decisão Aplicado à Implantação de Sistema
de Armazenamento de Grãos na Propriedade Rural**

**Campinas
2012**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Lucas Scatulin Bocca

**Auxílio Multicritério à Decisão Aplicado à Implantação de Sistema
de Armazenamento de Grãos na Propriedade Rural**

Orientadora: Maria Lucia Galves

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de
Transportes.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO LUCAS SCATULIN
BOCCA E ORIENTADO PELA PROF^a. DR^a. MARIA LUCIA
GALVES.

ASSINATURA DA ORIENTADORA

Campinas
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

B63a Bocca, Lucas Scatulin, 1977-
Auxílio multicritério à decisão aplicado à implantação
de sistema de armazenamento de grãos na propriedade
rural / Lucas Scatulin Bocca. --Campinas, SP: [s.n.],
2012.

Orientador: Maria Lucia Galves.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Análise multicritério. 2. Agricultura - Processo
decisório. 3. Investimentos - Processo decisório. 4.
Economia agrícola - Processo decisório. 5.
Administração rural - Processo decisório. I. Galves,
Maria Lucia, 1955-. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Application of multicriteria decision aid to implementation of
on-farm grain storage system

Palavras-chave em Inglês: Multicriteria analysis, Agriculture - Decision making,
Investments - Decision making, Agricultural
economics - Decision making, Rural administration -
Decision making

Área de concentração: Transportes

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Carlos Alberto Bandeira Guimarães, Luiz Henrique Antunes
Rodrigues

Data da defesa: 27-08-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**Auxílio Multicritério à Decisão Aplicado à Implantação de Sistema
de Armazenamento de Grãos na Propriedade Rural**

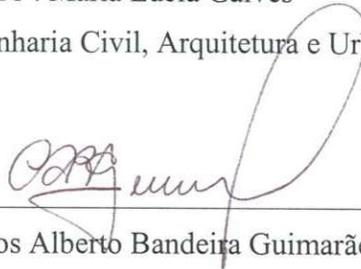
Lucas Scatulin Bocca

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



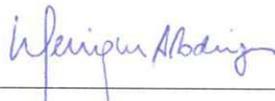
Prof^a. Dr^a. Maria Lucia Galves

Orientador / Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Unicamp



Prof. Dr. Carlos Alberto Bandeira Guimarães

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Unicamp



Prof. Dr. Luiz Henrique Antunes Rodrigues

Faculdade de Engenharia Agrícola - Unicamp

Campinas, 27 de agosto de 2012.

Para

Brissani Rondina Malvezzi

Agradecimentos

A Maria Lucia Galves; Carlos Alberto Bandeira Guimarães; Luiz Henrique Antunes Rodrigues; Orlando Fontes Lima Júnior; Almir Dalpasquale; Brissani Rondina Malvezzi; Paulo Scatulin Bocca; Marcos Scatulin Bocca; Vera Lúcia Scatulin; Alcides Carlos Bocca; Eugênio Carlos Bocca; André Maurício Trindade da Rocha; Gilberto Hanssen Androvandi; Paula Cristina Seixas de Oliveira; Adriano Pereira Rubim Silva; Paula Ester Farias de Leitão; Tácito Luís Fontes Braga; Sérgio Consolmagno; Clóvis Golfetto; Paula Lúcia Machado Buzolin; José Vanil Guerra; Adriana Mascarenhas e aos Departamentos do Banco Central do Brasil: de Organização do Sistema Financeiro (DEORF), de Normas do Sistema Financeiro (DENOR) e de Monitoramento do Sistema Financeiro (DESIG).

*“Tudo deveria se tornar o mais simples possível,
mas não simplificado” – Albert Einstein.*

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
LISTA DE GRÁFICOS	XIV
LISTA DE TABELAS.....	XV
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Considerações Iniciais – Armazenagem e Escoamento de Grãos	1
1.2 – Objetivo	3
1.3 – Estrutura da Dissertação	3
2 – ARMAZENAGEM E ESCOAMENTO DE GRÃOS NO BRASIL	5
2.1 – Breve História da Armazenagem: dos Primórdios ao Século XXI	5
2.2 – Unidade Armazenadora.....	5
2.3 – Evolução da Armazenagem no Brasil.....	10
2.4 – Perfil da Capacidade Instalada	12
2.5 – Panorama Atual: Capacidade Instalada x Produção Agrícola	13
2.6 – Capacidade Necessária de Armazenagem	17
2.7 – Características do Escoamento de Grãos no Brasil.....	23
<i>2.7.1 – Época de Colheita e Comercialização</i>	<i>23</i>
<i>2.7.2 – Localização, Perfis e Condições dos Armazéns</i>	<i>26</i>
<i>2.7.3 – Ambiente Macroeconômico – Taxa de Juros.....</i>	<i>31</i>
2.8 – Riscos da Armazenagem de Grãos	33
<i>2.8.1 – Variação Sazonal de Preços Agrícolas.....</i>	<i>33</i>

2.8.2 – <i>Variação Sazonal de Fretes Rodoviários</i>	36
2.8.3 – <i>Know-how, Custos e Comercialização</i>	41
2.8.4 – <i>Perdas e Depreciação dos Grãos</i>	42
2.8.5 – <i>Obsolescência das Instalações</i>	44
2.9 – Armazenagem na Propriedade Rural: Oportunidades e Benefícios	44
2.9.1 – <i>Redução de Perdas e Beneficiamento dos Grãos</i>	45
2.9.2 – <i>Segregação de Grãos</i>	46
2.9.3 – <i>Versatilidade</i>	47
2.9.4 – <i>Venda Direta</i>	47
2.9.5 – <i>Prestação de Serviços de Armazenagem</i>	48
2.9.6 – <i>Descongestionamento em Portos</i>	49
2.9.7 – <i>Estabilidade de Preços e Garantia de Abastecimento</i>	50
2.9.8 – <i>Desenvolvimento Econômico: Empregos, Renda e Arrecadação</i>	50
2.10 – Impactos Negativos Gerados pela Armazenagem de Grãos	51
2.10.1 – <i>Odores, Ruídos e Material Particulado</i>	51
2.10.2 – <i>Consumo de Combustíveis Fósseis</i>	52
2.10.3 – <i>Proliferação de Roedores, Insetos, Fungos e Bactérias</i>	52
2.10.4 – <i>Afogamento e Sufocamento</i>	53
2.10.5 – <i>Gases Tóxicos</i>	53
2.10.6 – <i>Explosão e Incêndios em Unidades Armazenadoras</i>	53
2.11 – Considerações Sobre a Evolução e Expansão da Capacidade de Armazenagem	54
3 – PROBLEMAS DE DECISÃO E AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO.....	55
3.1 – Problemas de Decisão.....	55
3.2 – Auxílio Multicritério à Decisão.....	56
3.3 – Estruturação do Problema de Decisão	61
3.3.1 – <i>Atores e Decisores</i>	64
3.3.2 – <i>Objetivos</i>	65

3.3.3 – Atributos.....	70
3.3.4 – Alternativas.....	74
3.4 – Avaliação Multicritério.....	75
3.4.1 – Abordagem do Critério Único de Síntese.....	76
3.4.2 – Abordagem da Subordinação de Síntese.....	77
3.4.3 – Abordagem do Julgamento Local Interativo.....	80
3.5 – Recomendação.....	81
3.6 – Auxílio Multicritério à Decisão: Aplicações na Agricultura.....	82
4 –METODOLOGIA.....	87
4.1 – O Problema de Decisão na Armazenagem de Grãos.....	87
4.2 – Abordagem Proposta.....	90
4.2.1 – Estruturação do Problema.....	91
4.2.2 – Método de Avaliação Multicritério Adotado.....	92
4.2.3 – Funções de Valor.....	93
4.2.4 – Constantes de Escala.....	95
4.2.5 – Incertezas.....	97
4.2.6 – Valor Global.....	98
5 – APLICAÇÃO.....	99
5.1 – Contexto Decisório.....	99
5.2 – Identificação e Estruturação dos Objetivos Fundamentais.....	102
5.3 – Atributos.....	106
5.4 – Alternativas.....	118
5.5 – Funções de Valor.....	126
5.6 – Constantes de Escala.....	131
5.7 – Valor Global das Alternativas.....	135
5.8 – Análise de Sensibilidade.....	137

5.9 – Análise dos Resultados	140
<i>5.9.1 – Avaliação Global e Análise de Sensibilidade</i>	<i>140</i>
<i>5.9.2 – Apresentação dos Resultados ao Decisor</i>	<i>143</i>
6 – CONCLUSÃO	145
ANEXOS	147
Anexo A	148
Anexo B	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 – Representação esquemática de um sistema de armazenagem.....	9
Figura 2.2 – Fluxograma de armazenagem de grãos	10
Figura 3.1 – Fases do Auxílio Multicritério à Decisão.....	60
Figura 3.2 – Exemplo de Rede de Objetivos Meios-fins.....	68
Figura 3.3 – Exemplo de Hierarquia dos Objetivos Fundamentais	69
Figura 4.1 – Exemplo de Função de Valor para o atributo “Espaço de Frenagem”	94
Figura 5.1 – Hierarquia dos Objetivos Fundamentais	105
Figura 5.2 – Função de valor para o atributo “ <i>Gravidade dos Impactos Ambientais</i> ”	126
Figura 5.3 – Função de valor para o atributo “ <i>Controle de Qualidade</i> ”	127
Figura 5.4 – Função de valor para o atributo “ <i>Controle de Classificação</i> ”	127
Figura 5.5 – Função de valor para o atributo “ <i>Capacidade de Segregação</i> ”	127
Figura 5.6 – Função de valor para o atributo “ <i>Controle da Colheita</i> ”	128
Figura 5.7 – Função de valor para o atributo “ <i>Cap. de Armazenagem em Contingências</i> ”	128
Figura 5.8 – Função de valor para o atributo “ <i>Capacidade Estática de Armazenagem</i> ”	128
Figura 5.9 – Função de valor para o atributo “ <i>Investimento Recuperável</i> ”	129
Figura 5.10 – Função de valor para o atributo “ <i>Custo Anual de Capital</i> ”	129
Figura 5.11 – Função de valor para o atributo “ <i>Redução de Custo - Transbordo</i> ”	129
Figura 5.12 – Função de valor para o atributo “ <i>Redução de Custo - Estocagem</i> ”	130
Figura 5.13 – Função de valor para o atributo “ <i>Capacidade de Venda Direta</i> ”	130
Figura 5.14 – Função de valor para o atributo “ <i>Capacidade de Prestação de Serviços</i> ”	130
Figura 5.15 – Função de valor para o atributo “ <i>Utilização de Resíduos</i> ”	131
Figura B.1 – Rede de Objetivos Meios-fins	151

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 2.1 – Evolução da capacidade estática de armazenagem e da produção de grãos.....	15

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1 – Localização de unidades e capacidade estática dos armazéns no Brasil.....	12
Tabela 2.2 – Produção e capacidade estática de armazenagem.....	14
Tabela 2.3 – Capacidade estática de armazenagem localizada nas propriedades rurais.....	14
Tabela 2.4 – Relação produção/capacidade estática pela capacidade dinâmica dos armazéns.....	28
Tabela 2.5 – Variações sazonais de preços de grãos e custos de armazenagem nos séc. XIV a XX	34
Tabela 3.1 – Características dos paradigmas racionalista e construtivista	59
Tabela 5.1 – Características Gerais da Comercialização e Escoamento da Produção.....	102
Tabela 5.2 – Objetivos Identificados	104
Tabela 5.3 – Atributo “Gravidade dos Impactos Ambientais”	107
Tabela 5.4 – Atributo “Controle de Qualidade”	108
Tabela 5.5 – Atributo “Controle de Classificação”	108
Tabela 5.6 – Atributo “Capacidade de Segregação”	109
Tabela 5.7 – Atributo “Controle da Colheita”	110
Tabela 5.8 – Atributo “Capacidade de Armazenagem em Contingências”	111
Tabela 5.9 – Atributo “Capacidade Estática de Armazenagem”	111
Tabela 5.10 – Atributo “Investimento Recuperável”	112
Tabela 5.11 – Atributo “Custo Anual de Capital”	113
Tabela 5.12 – Atributo “Redução de Custo - Transbordo”	114
Tabela 5.13 – Atributo “Redução de Custos - Estocagem”	115
Tabela 5.14 – Atributo “Capacidade de Venda Direta”	116
Tabela 5.15 – Atributo “Capacidade de Prestação de Serviços”	117

Tabela 5.16 – Atributo “Utilização de Resíduos”	118
Tabela 5.17 – Alternativas e Níveis de Impacto	125
Tabela 5.18 – “Saltos” para os objetivos de 1º nível hierárquico	131
Tabela 5.19 – “Saltos” para os objetivos de 2º nível hierárquico (Situações de Risco)	132
Tabela 5.20 – “Saltos” para os objetivos de 2º nível hierárquico (Rentabilidade)	132
Tabela 5.21 – “Saltos” para os objetivos de 3º nível hierárquico (Problemas operacionais).....	133
Tabela 5.22 – “Saltos” para os objetivos de 3º nível hierárquico (Lucro).....	133
Tabela 5.23 – “Saltos” para os objetivos de 4º nível hierárquico (Redução de custos).....	133
Tabela 5.24 – “Saltos” para os objetivos de 4º nível hierárquico (Aumento de Receitas).....	133
Tabela 5.25 – Constantes de escala	134
Tabela 5.26 – Valores dos Níveis de Impacto de cada Alternativa em cada Atributo	136
Tabela 5.27 – Valor Global das Alternativas	137
Tabela 5.28 – Análise de sensibilidade – Novas constantes de escala	138
Tabela 5.29 – Valor Global – Novas constantes de escala	139
Tabela A.1 – Características das Propriedades Rurais.....	150
Tabela A.2 – Características do Armazém Comercial.....	150

RESUMO

Bocca, Lucas Scatulin. **Auxílio Multicritério à Decisão Aplicado à Implantação de Sistema de Armazenamento de Grãos na Propriedade Rural**. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, 2012. 164 páginas. Dissertação.

A capacidade de estocagem de grãos instalada nas propriedades rurais no Brasil é baixa, bem como os armazéns, silos e entrepostos comerciais (público ou privado), devido a localizações, tipos e condições físicas, apresentam deficiências no que se refere ao desempenho e suficiência dessa infraestrutura.

Assim, esse trabalho procurou abordar o problema de decisão relativo à implantação de um sistema de armazenamento de grãos na propriedade rural, considerando riscos, benefícios, incertezas e alternativas.

Para tanto, foi utilizada a metodologia de auxílio multicritério à decisão, de modo a considerar os inúmeros objetivos, consequências, critérios, valores, expectativas e desempenhos das alternativas consideradas.

A aplicação do método em uma situação real foi realizada para auxiliar um empresário rural (sojicultura) a decidir qual infraestrutura adotar para armazenar sua produção. Os resultados obtidos foram importantes para melhorar o seu entendimento sobre a problemática considerada, bem como sobre as alternativas existentes e suas respectivas vantagens e desvantagens.

Dessa forma, concluiu-se que a metodologia de auxílio multicritério à decisão pode ser uma abordagem útil na implantação de um sistema de armazenagem de grãos na propriedade rural, pois foi capaz de incorporar diversas variáveis e objetivos, bem como os valores do decisor (produtor), fornecendo subsídios para a tomada de decisão e o acompanhamento da eficácia e eficiência da solução adotada.

Palavras-chave: *armazenagem; estocagem; armazenamento; escoamento agrícola; armazém; silo; grão; propriedade rural; auxílio multicritério à decisão; processo decisório*

ABSTRACT

The grain storage capacity installed in rural properties in Brazil is low, as well as grain storehouses, silos and commercial warehouses (public or private), because the locations, types and conditions, display gaps with regard to performance and adequacy of such facilities.

Thus, this study sought to address the decision problem on the implementation of on-farm grain storage system, taking account of risks, benefits, uncertainties and alternatives.

For this purpose, it was adopted the methodology of multicriteria decision aid, in order to consider the many objectives, consequences, criteria, values, expectations and performances of the existing alternatives.

The application of the method in a real situation was held to aid a rural entrepreneur (soybean production) to decide what infrastructure to select to store his production. The results were important to improve his understanding of the considered issues, as well as on the alternatives and their advantages and disadvantages.

Thus, it was concluded that the methodology of multicriteria decision aid can be a useful approach on implementation of on-farm grain storage system because it was able to incorporate many variables and objectives, as well as the values of the decision maker (producer), supporting decision making and providing informations to monitor the effectiveness and efficiency of the selected solution.

Key words: storage; grain store; warehouse; storehouse; silo; grain; grain outflow; farm; multicriteria decision aid; decision making

1 - Introdução

1.1 - Considerações Iniciais – Armazenagem e Escoamento de Grãos

A agricultura tem seu ciclo produtivo regido pela natureza, que concentra a saída da “linha de montagem” do produto acabado (grãos) em curtas épocas do ano (colheita). Já o respectivo consumo tem uma distribuição homogênea ao longo do tempo. Outro aspecto da produção agrícola é pertinente: a impossibilidade de concentrá-la próxima aos centros consumidores; pelo contrário, ela está distribuída pelo território de um país.

Logo, levar o alimento ao consumidor, no momento em que ele deseja, implica duas atividades logísticas¹: (i) **armazenamento**, para a guarda entre o período da safra e o seu momento de consumo² e; (ii) **transporte**, para escoar do local de produção (propriedade rural) aos centros consumidores.

Dessa forma, “*armazenamento e transporte são atividades que devem estar intimamente relacionadas, de modo a oferecer eficiência e racionalização para o escoamento de safras*” (PUZZI, 2000, p. 142). No entanto, “*no caso do Brasil, os serviços logísticos, historicamente, não funcionaram bem, e isso implicou perda de competitividade para alguns casos no agronegócio. Muitas vezes, a vantagem comparativa na produção não era corroborada pelo acesso do produto ao mercado em função dos custos incorridos na movimentação do produto ao consumidor final, notadamente por **deficiências na estrutura de armazéns** e por elevados custos de transporte*” (MARTINS, 2001, p. 29).

A estocagem e transporte também estão associados a impactos relevantes tanto nas atividades empresariais privadas quanto na sociedade como um todo. Dentre eles, destacam-se:

¹ Independentemente de qual agente econômico (produtor rural, *trading*, processadora, indústria, setor varejista ou mesmo o consumidor final) venha a empreender tais etapas.

² Segundo Puzzi (2000, p. 155), “*a produção de grãos é periódica, enquanto que a necessidade de alimentação e demanda das agroindústrias são ininterruptas. Colhe-se uma safra em dois meses e esta safra vai ser consumida durante um ano ou mais. As redes armazenadoras, recebendo a produção que não encontra consumo imediato, formam estoques que permitem a distribuição cronológica dos produtos*”.

- elevado consumo de combustível e energia (no transporte e nos armazéns);
- necessidade de infraestrutura de transporte de grande porte (estradas, portos, ferrovias e hidrovias);
- maiores ou menores oscilações sazonais nos preços dos grãos;
- alterações na oferta de serviços de transporte, podendo ocorrer: (i) variações significativas nos preços de fretes e demais custos de transporte; (ii) congestionamentos de vias e; (iii) sobrecarga nos demais equipamentos de transportes, com destaque para portos;
- perdas físicas no “pós-colheita” (secagem, armazenagem e transporte);
- perda de qualidade dos alimentos e risco de contaminação, com maior gravidade nos casos de grãos selecionados e/ou certificados (sementes, orgânicos, não transgênicos, entre outros);
- impactos e riscos associados, tais como: proliferação de parasitas, risco de explosão e necessidade de mão de obra qualificada, entre outros.

Nada obstante, sistemas de armazenamento em particular, quando instalados, tanto oferecem uma série de vantagens (beneficiamento de grãos, controle da colheita e da comercialização, redução de custos de transportes e perdas, venda direta a consumidores, segregação e controle da qualidade dos grãos, entre outras), quanto apresentam diversos riscos e incertezas (alto investimento com retorno de difícil mensuração, variações de preços na safra e entressafra, falta de técnicos qualificados e *know-how*, dificuldades ou inexistência de alternativas de comercialização, obsolescência e geração de impactos negativos).

Assim, o investimento em armazéns e silos é de uma decisão complexa, com inúmeras variáveis e de naturezas distintas, riscos e alternativas cujos resultados e desempenhos são difíceis de determinar, pois englobam múltiplos aspectos a serem avaliados e atendidos. Adicionalmente, tal complexidade cresce quando considerados na tomada de decisão fatores de natureza não quantificável e/ou analítica, tais como valores, crenças e percepções do decisor.

Diante desse quadro de incertezas e dificuldades de se avaliar um sistema de armazenagem, produtores rurais investem pouco em infraestruturas do tipo em suas propriedades.

1.2 – Objetivo

Nesse contexto, o objetivo da dissertação foi aplicar um modelo de auxílio multicritério à decisão, sob a ótica do produtor, visando à implantação de um sistema de armazenamento de grãos na propriedade rural.

1.3 – Estrutura da Dissertação

Este trabalho, em sua primeira parte, analisa a armazenagem agrícola no Brasil (em particular, a estocagem de grãos nas propriedades rurais) no que se refere às questões de capacidade e (in)suficiência, barreiras e fatores limitantes de sua expansão, perdas e impactos (ambientais, sociais e econômicos, entre outros), riscos associados, oportunidades geradas por um sistema de armazenagem e alternativas ao armazenamento por parte do produtor rural. Completa esta primeira etapa a revisão bibliográfica sobre estruturação de problemas de decisão e avaliação multicritério de alternativas.

Os capítulos seguintes são dedicados à aplicação prática e abordam:

- a) metodologia: definição dos métodos a serem empregados na estruturação do problema de decisão (isto é, investimento em armazéns na propriedade rural) e na avaliação das alternativas, bem como no levantamento de dados em campo;
- b) pesquisa em campo: teve como objetivos: (i) averiguar hipóteses e/ou apontar outras; (ii) levantamento de dados, tanto para a estruturação do problema de decisão quanto para subsidiar a avaliação multicritério; e
- c) estruturação do problema de decisão e aplicação do método de avaliação multicritério definido na metodologia.

Por fim, esta dissertação se conclui com o exame, e respectivos comentários, dos resultados obtidos, e também no tocante às deficiências e às possíveis contribuições deste trabalho como um todo.

2 – Armazenagem e Escoamento de Grãos no Brasil

2.1 – Breve História da Armazenagem: dos Primórdios ao Século XXI

Há vestígios históricos de que no Egito Antigo já se utilizavam “silos”, construídos em pedra e argamassa e cuja forma se assemelhava com os silos modernos, pois eram redondos e com uma cobertura em formato de cúpula, onde ficava uma porta por meio da qual eram carregados (WEBER, 2005).

Ao longo da história, porém, ainda que houvesse armazenagem em celeiros, em função dos custos de tais estruturas (que tornavam a manutenção de grãos em estoque até três vezes mais cara), a maior parte da produção era armazenada em pilhas ao ar livre (POYNDER, 1999). Ademais, embora precários, também eram comuns (e ainda são, em regiões não desenvolvidas) métodos de armazenagem tais como: fardos suspensos, em cestos e sacos dispostos em cima de tabladros, enterrados em covas e em receptáculos, entre outros (PROCTOR, 1994).

Atualmente, os grãos são armazenados predominantemente em silos e armazéns convencionais, os quais possuem diversos equipamentos e recursos para o beneficiamento dos grãos e manutenção da sua qualidade durante grandes períodos de tempo³.

2.2 – Unidade Armazenadora

Segundo Silva (2004, *apud* AGÊNCIA SAFRAS, 2004, p. 20), “*pode-se definir unidades armazenadoras de grãos como sendo complexos agroindustriais constituídos de estruturas e recursos para receber, pré-beneficiar, armazenar e expedir a produção agrícola de uma determinada área de abrangência*”.

³ Implicando um conjunto de operações unitárias, tais como: pesagem, descarregamento, pré-limpeza, secagem, limpeza, tratamento químico, armazenagem e expedição (SILVA, 2004a).

Puzzi (2000, p. 155), de forma mais simples, define uma rede armazenadora de grãos como “o aparelhamento destinado a receber a produção de grãos, conservá-los em perfeitas condições técnicas e redistribuí-los posteriormente”.

Ballou (1993) aponta, além da flutuação do nível de produção (sazonal, no caso de grãos), outras quatro “razões básicas” que justificam a armazenagem: **reduzir custos de transporte e produção** (no caso de grãos, os custos de frete encarecem durante a colheita); **coordenação de suprimento e demanda** (a produção de grãos é sazonalizada e seu consumo é homogêneo ao longo do tempo); **necessidades da produção** (exemplo no campo: inviabilidade de transporte em épocas de chuva); **considerações de marketing** (no agronegócio, a garantia da qualidade e procedência de sementes selecionadas e grãos não transgênicos, por exemplo).

O autor observa também outras “funcionalidades” proporcionadas pela manutenção de estoques. Dentre elas, na armazenagem nas propriedades são identificadas (BALLOU, 1993):

- **Melhoria no nível de serviço oferecido** (na produção de sementes ou grãos selecionados, como os transgênicos, por exemplo).
- **Proteção contra alterações nos preços** (quedas de preço durante a colheita; preços de sementes antes do plantio ou, ainda, para gerenciar e controlar o custo de rações).
- **Proteção contra oscilações no tempo de ressuprimento** (da semente na época do plantio; na elaboração de rações).
- **Proteção contra contingências** (similarmente: da falta de semente na época do plantio e na elaboração de rações para animais criados de modo intensivo).

As unidades armazenadoras de grãos também podem ser de diversos tipos no que se refere, entre outros aspectos, a *lay-outs*, materiais de construção, forma, localização, tamanho e finalidade. Weber (2005) classificou as unidades armazenadoras segundo os critérios abaixo:

a) Entidade mantedora:

- Unidades governamentais
- Unidades cooperativas (mantidas por cooperativas de produtores)
- Condomínios (armazéns comunitários e/ou sociedade de produtores agrícolas)
- Unidades em propriedades rurais

- Unidades particulares (prestação de serviços de armazenagem a terceiros)
- Indústrias

b) Localização geográfica:

- Nas propriedades rurais: via de regra, unidades de pequeno ou médio porte.
- Unidades coletoras: de médio ou grande porte, localizam-se em áreas rurais e recebem a produção das propriedades.
- Unidades subterminais: localizadas em áreas urbanas e/ou próximas aos centros consumidores e recebem os produtos das unidades coletoras.
- Unidades terminais: localizadas junto aos cais e portos.

c) Principal dimensão:

- Silos verticais
- Silos horizontais

d) Projeto

- Silos tipo paiol: estruturas simples e sem equipamentos para beneficiar os grãos.
- Silos de tela: assemelhados aos silos tipo paiol, mas contam com maior tecnologia que aqueles (equipamentos de limpeza, secagem, aeração e elevadores).
- Silos tipo bolsa (“silobag”): são instalados diretamente no solo e possuem o formato de tubo. Armazenam grãos com baixa umidade, ou secos, por até um ano.
- Armazéns convencionais: construções destinadas a produtos ensacados (sementes, adubo e qualquer tipo de grão). São polivalentes no tocante aos produtos armazenáveis (máquinas, materiais e equipamentos diversos podem ser estocados).
- Silos graneleiros: silos horizontais, largamente construídos entre as décadas de 1960 e 1980. Possuem equipamentos para transporte e beneficiamentos dos grãos.
- Silos metálicos: silos verticais cuja estrutura é metálica. Possuem recursos para transporte e beneficiamento dos grãos.
- Silos de concreto: semelhantes aos metálicos (verticais), porém em concreto.

e) Sistema de aeração⁴:

- Aeração de manutenção: silos que utilizam sistema de aeração com a finalidade de manter a qualidade dos produtos estocados.

⁴ Sistemas cuja função é a de baixar temperatura em pontos da massa de grãos secos armazenados.

- Aeração de resfriamento: quando o sistema de aeração permite a saída dos grãos do secador a uma temperatura maior, aumentando sua capacidade de operação.
- Aeração de secagem: quando o sistema de aeração (ar natural ou aquecido) tem tanto a capacidade de controlar a temperatura do produto estocado quanto a de secá-lo, dispensando ou complementando o secador. Particularmente utilizado para sementes, pois evita danos mecânicos durante a operação de secagem.

f) Finalidade (aplicação)

- Silo armazenador: silos cuja principal função é a de armazenagem a granel de grãos limpos e secos. Seu sistema de aeração é somente dimensionado para a manutenção do sistema e para o resfriamento dos grãos.
- Silo secador: silos cujas funções são as de secagem e armazenagem. Usualmente eram construídos mais baixos e com diâmetros maiores que os dos silos armazenadores para diminuir a resistência à passagem de ar.
- Silo de espera / pulmão: são utilizados como unidades armazenadoras de apoio ao recebimento de grãos, ou ainda, temporárias (recebendo grãos limpos, porém úmidos, que ficam armazenados por poucas horas até o momento de sua secagem).
- Silo de expedição: silos também utilizados temporariamente, pois sua função é a de expedir os grãos por gravidade em caminhões ou vagões ferroviários. Sua maior diferenciação em relação aos demais é sua construção sobre estrutura que permite a veículos transportadores serem carregados rapidamente por gravidade.

g) Hermeticidade

- Silo hermético: aqueles cuja vedação não permite a troca de ar entre os ambientes externo e interno. A hermeticidade melhora a conservação dos grãos, porém o custo de tais silos é maior do que os não herméticos. São construídos em concreto e cobertos com laje também em concreto. Não são utilizados no Brasil.
- Silo não hermético: silos que apresentam troca de ar interno e externo.

Ainda que haja variâncias nas operações envolvidas no armazenamento de grãos, o que implica quantidades, capacidades e sofisticações distintas nos equipamentos que compõem uma estrutura de armazenagem, basicamente uma unidade armazenadora possui os seguintes elementos, apresentados na Figura 2.1 (PUZZI, 2000; WEBER, 2005):

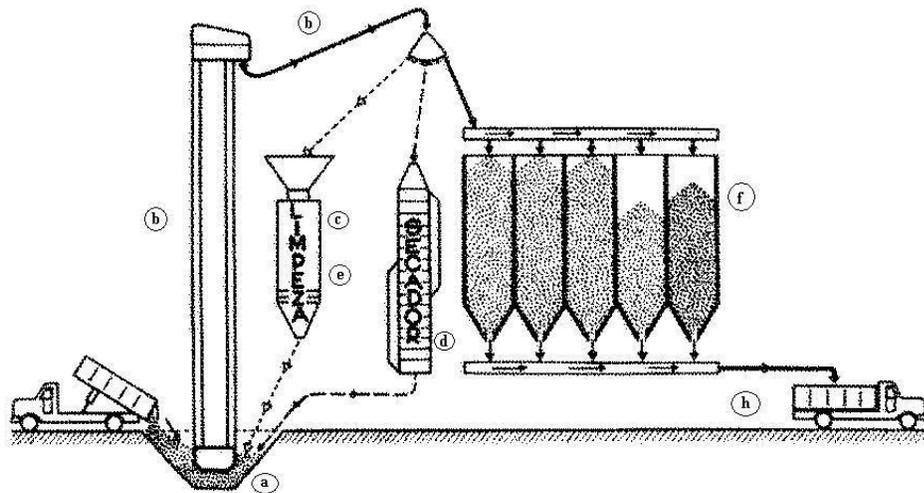


Figura 2.1 – Representação esquemática de um sistema de armazenagem

Fonte: PUZZI (2000) – adaptado.

- a. Moega: estrutura cônica, em geral no solo, destinada ao recebimento dos grãos.
- b. Elevadores e correias transportadoras: para a movimentação dos grãos pelo sistema.
- c. Máquina de pré-limpeza: retira impurezas, produtos inertes e aqueles sem valor comercial. Instalada antes do secador.
- d. Secador: utilizado para a secagem dos grãos, possibilitando a sua armazenagem.
- e. Máquina de limpeza: retira impureza, produtos inertes e aqueles sem valor comercial. Instalada após o secador. O sistema de armazenamento pode contar somente com máquina de pré-limpeza (antes do secador), somente com máquina de limpeza (após o secador) ou, ainda, ambas.
- f. Silo: a estrutura onde o grão será estocado. Os silos podem ter diversas formas, tamanhos e até mesmo finalidade, conforme classificação acima.
- g. Sistema de aeração/termometria⁵: tem, conforme seu dimensionamento, as seguintes funções: manter adequada a temperatura dos grãos estocados; aumentar a capacidade de operação do secador e/ou secar os grãos. Tal sistema somente é encontrado em unidades armazenadoras mais modernas.
- h. Expedição: realiza o transbordo dos grãos aos caminhões, trens ou balsas.

⁵ Na figura 2.1 não aparece o sistema de aeração.

Adicionalmente, em função do porte do armazém, outras estruturas complementares podem estar presentes, tais como escritório, laboratório, balanças para caminhões e tombadores. Por fim, a Figura 2.2 representa o processo de armazenamento de grãos.

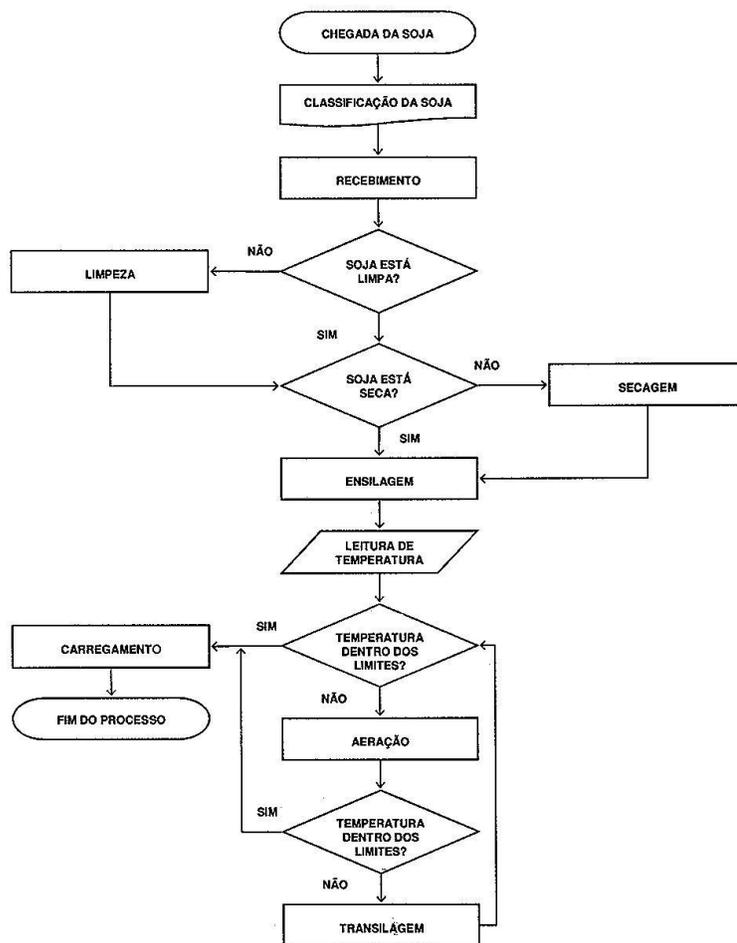


Figura 2.2 – Fluxograma de armazenagem de grãos

Fonte: RAMOS FILHO *et al.* (2008).

2.3 – Evolução da Armazenagem no Brasil

Entre 1940 e 1960, os armazéns construídos no Brasil eram os chamados convencionais, ou seja, aqueles apropriados ao estoque de sacarias (no caso, café, arroz e algodão). Tais estruturas já contavam com equipamentos de limpeza e de secagem dos grãos (WEBER, 2005).

Todavia, a partir da década de 1970, houve a “granelização” (abandono da sacaria e consequente movimentação a granel) da produção agrícola brasileira, principalmente devida à expansão da sojicultura, conforme observaram Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a, p. 7-8): “O crescimento da produção de soja fez com que desde 1975 a armazenagem a granel se tornasse prioritária, com a criação do Programa Nacional de Armazenagem (PRONAZEM). (...) Àquela época a capacidade de armazenagem a granel respondia por apenas 30% do total”.

Com a “granelização” da safra, os armazéns convencionais tornaram-se inadequados à armazenagem agrícola e a construção de silos graneleiros, com fundo plano ou em “V”, teve grande expansão. Embora providos de equipamentos de limpeza, secagem e transportadores para carga e descarga dos grãos, os silos ainda eram desprovidos de recursos de termometria (para monitoramento da temperatura da massa de grãos armazenados) e de aeração (para controlar a temperatura dentro do silo). Posteriormente foram introduzidos no Brasil os silos metálicos dotados de equipamentos de termometria e aeração, além de contar com máquinas de pré-limpeza e limpeza, secadores e elevadores para carregamento e descarregamento (WEBER, 2005).

Quanto ao arcabouço jurídico da atividade, a Lei 9.973, de 29.05.2000, modernizou o marco legal datado da década de 1940. Destacam-se, dentre outras inovações, o disciplinamento da atividade, o aumento da responsabilidade dos proprietários e dirigentes de unidades armazenadoras, o estabelecimento de requisitos tecnológicos mínimos, garantias e obrigações das partes (depositário e depositante), a regulamentação de títulos representativos de depósitos (Certificados de Depósito Agropecuários – CDAs e *Warrants* agropecuários - WA), informações a serem disponibilizadas (capacidades e estoques) e cadastros obrigatórios (WEBER, 2005).

Ressalta-se a importância dos títulos representativos de depósitos na comercialização de grãos: “Os dois títulos poderão ser emitidos pelas unidades armazenadoras, por solicitação do depositante do produto. O WA servirá para o produtor levantar financiamentos nos bancos, que registram no sistema CETIP a operação naquele título e no CDA correspondente. Já com o CDA o produtor poderá comercializar seu produto para investidores, bem como para a agroindústria ou empresas exportadoras. Ao adquirir o CDA, esses agentes saberão pelo registro na CETIP se existe alguma alienação do produto depositado, bem como se as taxas de armazenagem já foram pagas ou não. Assim, os compradores do CDA assumem o ônus existente no WA, pagando a

diferença de valor para o produtor. O CDA e WA podem ser endossáveis e renegociados entre outros agentes até o exercício final, em que o detentor solicita a retirada do produto” (AGÊNCIA SAFRAS, 2004, p. 21-22).

2.4 – Perfil da Capacidade Instalada

A capacidade estática dos armazéns brasileiros atingiu 142,6 milhões de toneladas de grãos em junho de 2012. Deste total, 18% correspondiam à capacidade instalada dos armazéns do tipo convencional (produtos ensacados, tais como açúcar, algodão, amendoim, arroz, café e feijão), enquanto 82% correspondiam à dos armazéns do tipo graneleiro (aveia, arroz, centeio, cevada, milho, soja, sorgo e trigo) (CONAB, 2012a).

No tocante à utilização, Oliveira (2003) constatou, para o Estado de Mato Grosso e com base nos dados do IBGE de 1996, que os armazéns convencionais eram utilizados para estocar produtos voltados para o mercado interno (arroz, milho, feijão), enquanto os graneleiros eram voltados para o armazenamento de soja (mercado externo). Já quanto à localização, a armazenagem (capacidade estática e número de unidades) estava distribuída conforme apresentado na Tabela 2.1 (CONAB, 2012a).

Localização	Armazéns convencionais		Armazéns graneleiros		Total	
	Unidades	Capacidade Estática (t)	Unidades	Capacidade Estática (t)	Unidades	Capacidade Estática (t)
Norte	280	912.000	190	2.074.241	470	2.986.241
Nordeste	688	2.042.206	570	6.776.504	1.258	8.818.710
Centro-Oeste	1.005	4.416.771	2.980	43.960.207	3.985	48.376.978
Sudeste	1.944	9.326.588	981	13.537.148	2.925	22.863.736
Sul	3.174	8.992.502	6.156	50.567.551	9.330	59.560.053

Tabela 2.1 – Localização de unidades e capacidade estática dos armazéns no Brasil.

Fonte: Conab (2012a). Data-base: junho/2012.

Pela Tabela 2.1, observa-se que predominam os armazéns do tipo graneleiro. O **armazém convencional**, embora não adequado para produção em larga escala e direcionada à exportação, tem suas funcionalidades que podem justificar sua adoção em determinadas circunstâncias, como nos casos de manuseio e comércio em pequena escala (PUZZI, 2000). Suas vantagens e desvantagens são (MESQUITA *et al.*, 2007; PUZZI, 2000):

- **Vantagens:** reduzido custo de implantação; condições de manipular simultaneamente tipos diferentes de grãos; possibilidade de se retirar o material deteriorado sem remanejar todo o lote; e individualização de lotes pertencentes ao mesmo depositante.
- **Desvantagens:** elevado custo de sacaria, que deve ser continuamente substituída; elevado custo de movimentação, em função da mão de obra requerida; e relação de ocupação de espaço muito elevada por tonelada estocada.

2.5 – Panorama Atual: Capacidade Instalada x Produção Agrícola

A produção agrícola brasileira alcançaria, segundo estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o total de 161,2 milhões de toneladas de grãos na safra 2011/2012, abaixo 1,0% em relação ao total produzido no ano anterior (safra 2010/2011), quando foram colhidas 162,8 milhões de toneladas (CONAB, 2012b).

Todavia, os armazéns brasileiros (granéis e convencionais) atingiram, em junho de 2012, a capacidade estática de 142,6 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2012a), número abaixo das previsões para a safra atual. Nesse tocante, a posição brasileira, frente a outros grandes produtores, é mediana apenas, conforme se pode observar na Tabela 2.2.

País	Safra 09/10 <i>(milhões de t)</i>	Cap. Estática <i>(milhões de t) (ano)</i>	Cap_{est} / Prod.
<i>EUA</i>	489,8	500 (2002)	1,02
<i>China</i>	477,8	390 (2010) ⁶	0,82

⁶ Os 390 milhões de toneladas se referem somente à capacidade estática de estocagem estatal.

<i>Índia</i>	241,5	62,4 (2011) ⁷	0,26
<i>Brasil</i>	134,3	133,4 (2009)	0,99 ⁸
<i>Rússia</i>	113,7	118 (2011)	1,04
<i>Canadá</i>	71,8	-	2
<i>Ucrânia</i>	62,9	33 (2011)	0,52

Tabela 2.2 – Produção e capacidade estática de armazenagem

Fontes: Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a); Mesquita *et al.* (2007); Conab (2009a e 2009b), USDA (2009); Blackseagrain (2011); Ferguson (2011); FnBnews.com (2011); Pioneer (2011); Reuters (2011).

Adicionalmente, o Brasil apresenta, em relação aos demais grandes produtores agrícolas, baixa proporção de armazéns que estão situados nas propriedades rurais (Tabela 2.3).

País / Região	% da armazenagem localizada nas propriedades rurais (2006)
<i>EUA</i>	65%
<i>Europa</i>	50%
<i>Brasil</i>	15%
<i>Canadá</i>	85%
<i>Austrália</i>	35%
<i>Argentina</i>	40%

Tabela 2.3 – Capacidade estática de armazenagem localizada nas propriedades rurais

Fonte: Deckers (2006).

Examinando a questão da armazenagem em outros países, D’Arce (2009, p. 1) nota, ainda, que “*a sequência do sistema de armazenagem principia na fazenda e evolui para os armazéns coletores, intermediários e terminais. No Brasil observa-se exatamente o contrário, (...) principia nos terminais e intermediários coletores*”. Observa-se, ainda, que a relação da capacidade de armazenagem em relação à produção de grãos é relativamente constante ao longo do tempo, caracterizando um “padrão” da infraestrutura logística brasileira (Gráfico 2.1).

⁷ O total de 62,4 milhões de toneladas se refere à capacidade estática de estocagem de entes públicos somente.

⁸ Considerando a safra 2011/12 e a capacidade estática atingida em junho de 2012, a relação é de 0,88.

Produção x Capacidade de Armazenagem

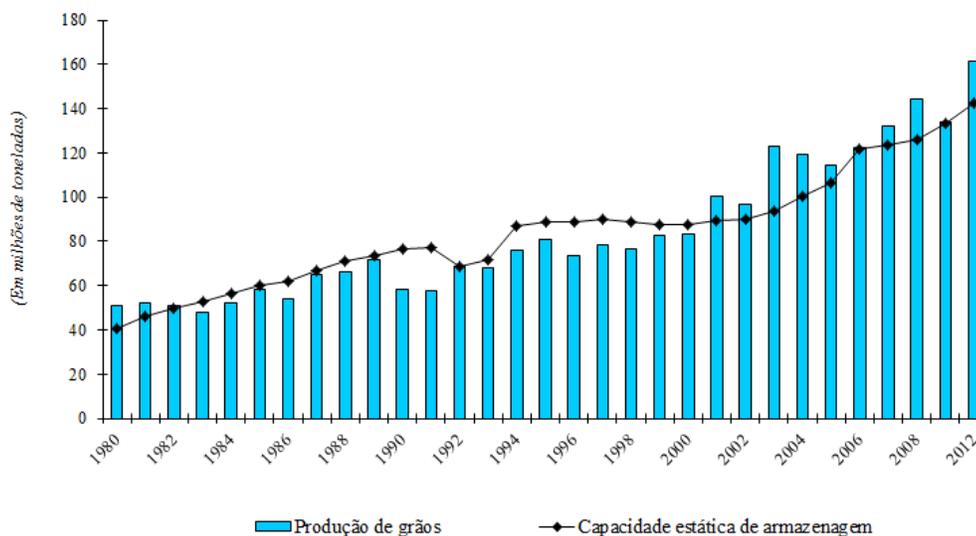


Gráfico 2.1 – Evolução da capacidade estática de armazenagem e da produção de grãos

Fonte: Conab (2008a; 2009c; 2012a e 2012b)

Dado que “entre os bens econômicos, em face das suas características intrínsecas, tais como sazonalidade, baixa estruturação, pulverização de produtores, baixa densidade, baixo valor específico, etc., os produtos agropecuários são os mais impactados pelos custos logísticos” (NAVES, 2007, p. 2), uma capacidade de armazenagem insuficiente pode provocar perdas significativas, porém uma capacidade acima da necessidade também pode embutir custos relevantes, e desnecessários, à cadeia agroexportadora.

No entanto, uma vez que, tomando como referência outros países produtores de grãos, a capacidade estática de armazenamento no Brasil em relação à sua produção não é alta (especialmente aquela instalada nas propriedades), pode-se concluir que é também insuficiente?

Ao analisar a questão, a primeira reação é responder que sim. Primeiramente, pelo aspecto “psicológico” embutido na constatação de que o Brasil apresenta menor capacidade estática de armazenagem do que outros produtores, o que leva intuitivamente à ideia de que “se os concorrentes dispõem do suficiente, então trabalhamos com carência”. Adicionalmente, acrescentam-se fatos de notório conhecimento público, tal como congestionamento em portos em épocas de safra, que reforçam a percepção de que a capacidade armazenadora seria insuficiente.

Nessa linha, podem-se citar práticas recorrentes que também denotariam tal carência: grãos estocados a céu aberto ou em “piscinas” construídas com sacas de grãos dentro de armazéns convencionais⁹, e também o enchimento dos silos até o teto, com a colocação de sacos junto aos beirais dos silos para evitar “fuga” de grãos durante a operação¹⁰ (WEBER, 2005).

Pontes *et al.* (2009), observando questões relativas à comercialização de grãos, advogam pela “*existência de uma boa estrutura de armazenagem*”, o que permitiria melhor negociação das safras por parte dos produtores, pois, “*sem ter onde estocar a colheita, os produtores são obrigados a negociar a produção nos períodos de safra, quando os preços estão menores e são obrigados a contratar fretes elevados*” (p. 172).

Já Nogueira Jr. e Tsunehiro (2003), observando o escoamento de grãos (custos, distâncias e sazonalidades), também reclamam armazenagem mais eficiente no Brasil, pois “*como dificilmente nas condições brasileiras se operaria um eficiente sistema just-in-time para os agronegócios de grãos (soja e milho, principalmente), desde as zonas produtoras até os destinos finais (zonas consumidoras e portos), torna-se questão estratégica a montagem de um sistema de armazenagem nos pontos relevantes de distribuição (propriedades rurais, armazéns gerais, portos e processadores) para o escoamento das colheitas sazonais. Com isso, seriam criadas condições para um equilíbrio entre oferta e demanda de serviços de transporte em picos de safras e, em consequência, seriam reduzidas as fontes de pressão sobre os fretes*” (p. 1).

Entretanto, em que pesem os indícios de que a capacidade de armazenagem no Brasil seria insuficiente, a questão, de fato, suscita uma abordagem mais atenta a partir da ponderação de outros aspectos. Em especial, aqueles que podem afetar a decisão dos produtores em investir em armazéns, cujo custo de implantação é alto e a vida útil longa (entre 15 e 30 anos) (SILVA, 2005b e 2005c), pois cada vez mais se faz necessário que o “*produtor de alimentos básicos se transforme em um empresário capaz de fornecer mais opções de alimentos, não perdendo, não desperdiçando e não dependendo do preço de mercado para escoar os seus produtos*” (OETTERER, 2009, p. 2).

⁹ O que ocasiona movimentação lenta e dificultosa, elevado índice de dano mecânico, perda de mercadoria e queda na qualidade. Enfim, opção que só se justifica na ausência de alternativa melhor.

¹⁰ O que pode, inclusive, comprometer a estrutura das paredes e da cobertura (WEBER, 2005).

2.6 – Capacidade Necessária de Armazenagem

Segundo Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005b, p. 1), “os analistas setoriais quase sempre confrontam os dados de produção agrícola com a capacidade estática de armazenagem. Ocorre que, na prática, as safras não são coincidentes, por força da sazonalidade (produtos de verão e de inverno); não se colhe tudo ao mesmo tempo; nem toda quantidade colhida é guardada, pois substancial parcela é exportada prontamente e outra tem consumo imediato”.

Desse modo, no tocante à suficiência da capacidade de armazenagem do país em relação à sua produção agrícola, devem-se considerar aspectos que maximizam ou limitam a utilização dos armazéns existentes, tais como:

- a capacidade dinâmica¹¹ de um armazém é sempre superior à sua capacidade estática, o que permite, em tese, que se movimentem maiores volumes de grãos;
- épocas de plantio e colheita distintas para diversas safras e tipos de grãos podem minimizar a necessidade de capacidade estática proporcionalmente à produção total;
- perfil de consumo e comercialização: picos de demanda ou “janelas de venda” que coincidem com a colheita necessitam de estocagem apenas por curtos períodos;
- necessidade de se manter grãos segregados;
- indisponibilidade de uso por ocasiões de manutenções e reformas;
- baixa capacidade financeira do produtor para financiar estoques;
- utilização de armazém inadequado (granel ou convencional) para o grão estocado;
- localização dos armazéns: pode haver superoferta de armazenagem em um local enquanto ocorrem carências em outras regiões.

Adicionalmente, condições específicas podem ser determinantes na capacidade de armazenagem necessária. Como exemplo, a existência de invernos rigorosos, o que leva países, tais como Estados Unidos e o Canadá, necessitarem de grandes estoques de grãos e, portanto, de

¹¹ Capacidade dinâmica é a “capacidade estática multiplicada por um índice de rotação que depende do número de cargas que recebe e expedições que realiza por ano” (WEBER, 2005), ou seja, é o volume total que um armazém pode operar em um determinado período de tempo (ano) levando-se em conta sua capacidade estática e a média de tempo que os produtos permanecem estocados.

capacidade de armazenagem. Já *“as características do clima brasileiro, que permitem produzir o ano todo, difere daqueles países em que a estacionalidade é bem definida e, por consequência, exige uma capacidade de guarda maior”* (NOGUEIRA JR. e TSUNECHIRO, 2005a, p. 12).

No caso dos EUA, ainda há a particularidade de que, tendo em vista o seu protagonismo militar nas relações internacionais, é de se esperar que haja uma dose extra de diligência por parte *“das autoridades daquele país em manter estoques estratégicos e/ou de segurança em virtude dos potenciais confrontos bélicos”* (NOGUEIRA JR. e TSUNECHIRO, 2005a, p. 8).

Acrescenta-se que a capacidade necessária de estocagem deve incluir a demanda por armazéns derivada da importação de produtos agrícolas. No Brasil, segundo Nogueira Jr. e Tsunehiro (2003), o trigo importado acaba *“disputando”* armazéns com outros grãos.

Assim, a capacidade estática de armazenagem deve ser de ordem tal que a capacidade dinâmica suporte a produção agrícola nacional (de acordo com seu perfil de consumo e comercialização), as demandas decorrentes das importações e mantenha, ao mesmo tempo, *“folga”* no sistema, tanto para anular ineficiências como também para permitir oscilações mais significativas na quantidade produzida de grãos e/ou no ritmo de sua comercialização.

Para que se tenha a ordem de grandeza de tal somatória, tome-se como exemplo o cálculo de Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a), que apontaram que na safra 2002/2003, com produção de 123,2 milhões de toneladas de grãos, a demanda por capacidade dinâmica de armazenagem seria *“de 155,2 milhões de toneladas, sendo 40,7 milhões de toneladas (26,2%) de produtos ensacados (que demandam armazéns convencionais¹²) e 114,5 milhões de toneladas (73,8%) de produtos a granel (que demandam silos e graneleiros¹³)”* (p. 12).

Já a CONAB (Cia. Nacional de Abastecimento) entende *“que o patamar ideal para a capacidade estática brasileira é de 20% superior à produção do Brasil¹⁴”* (DECKERS, 2006, p.

¹² Açúcar, algodão (caroço), amendoim, arroz, café beneficiado, feijão, girassol e mamona.

¹³ Aveia, centeio, cevada, milho, soja, sorgo, trigo nacional e importado e triticale.

¹⁴ O que significaria uma capacidade *“de receber toda a produção agrícola nacional e ainda, disponibilizar espaços para eventuais produtos importados para atender satisfatoriamente a demanda interna”* (DECKERS, 2005).

13), enquanto que João de Almeida Sampaio Filho, ex-presidente da Sociedade Rural Brasileira (SRB), advogava capacidade estática igual a 1,5 a safra nacional (AGÊNCIA SAFRAS, 2004).

A FAO – *Food and Agriculture Organization* (associada à Organização das Nações Unidas - ONU), por sua vez, também recomenda a capacidade estática “adequada” de 1,2 da produção anual de grãos do país¹⁵ (NOGUEIRA JR., 2008). Weber (2005), por outro lado, limita-se a preconizar uma capacidade instalada maior que a safra anual, pois “*além de acomodar a totalidade da nossa safra, há a necessidade de mais armazenagem segundo um programa estratégico agrícola de plantio, colheita, armazenagem, suprimento interno, exportação e ainda para enfrentar anos de frustração*” (p. 20).

Não obstante a discrepância de tais recomendações, ainda que sejam satisfatórias, a necessidade real de capacidade armazenadora pode estar longe de tais números, conforme exposto a seguir.

A recomendação da FAO, embora coincidente com a da CONAB, é um indicador genérico, não calibrado pelas singularidades de regiões produtoras (entre outras, proporção entre produção própria e importação e ciclos semeadura – colheita). Portanto, em que pese a convergência mencionada, a indicação da FAO deve ser entendida como uma generalização, útil apenas como referência do que seria uma capacidade estática que não resultasse em deficiências.

Já o primeiro caso, deve-se ressaltar que o cálculo de Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a) corresponde à necessidade de capacidade de armazenagem **dinâmica** e não de capacidade estática. Os autores utilizaram, para avaliar a capacidade armazenadora instalada, um índice de rotação igual a 1,5, o que levou à conclusão de que havia, em contraposição à diferença de 64,6 milhões entre a demanda total por armazéns e a capacidade estática existente (155,2 milhões e 90,5 milhões de toneladas, respectivamente), um déficit real de apenas “*19,4 milhões de toneladas para o total de produtos passíveis de estocagem e superávit (de 12,6 milhões de toneladas) no caso de grãos*” (NOGUEIRA Jr. e TSUNECHIRO, 2005a, p. 12).

¹⁵ Nesse contexto, Gallardo *et al.* (2009), adotando a recomendação da FAO e considerando somente a armazenagem a granel, estimaram o déficit de capacidade estática em 70 milhões de toneladas (capacidade de 120 milhões de toneladas a granel para uma necessidade de 190 milhões). Ressalta-se que a capacidade estática a granel, atualmente, apresentada o patamar considerado pelos autores (Tabela 2.1), enquanto a produção aumentou.

Conforme já exposto, capacidade dinâmica é “*capacidade estática multiplicada por um índice de rotação que depende do número de cargas que recebe e expedições que realiza por ano*” (WEBER, 2005, p. 19). No exemplo acima, Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a) justificam o uso do índice de rotação 1,5 em função de não ocorrer “*plena coincidência de épocas de colheita*” e “*não coincidência plena da guarda das mercadorias nas unidades armazenadoras*” (p. 12), além de existir um período economicamente viável de manutenção dos produtos em estoque – conforme seu padrão sazonal, o que permitiria, então, operar, ao longo do ano, volumes maiores do que a capacidade estática instalada.

Todavia, pode-se considerar que o indicador não é preciso, não somente em função da metodologia escolhida para o cálculo, mas também porque ele está sujeito a variações (a escolha do grão a ser produzido, definindo a época de colheita e comercialização, por exemplo, é determinante no índice de rotação do sistema de armazenagem). Desse modo, avaliar a capacidade dinâmica de um sistema de armazenagem com base em um índice de rotação “médio” (calculado para um país, por exemplo) pode ser enganoso caso tal valor não represente o perfil do trinômio “produção - colheita – escoamento” que está sendo examinado (ou, ainda, o índice pode não captar as mudanças temporais recentes no perfil da produção, colheita e escoamento).

Para se aquilatar melhor tal incerteza, é necessário comparar os números apresentados por Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a) com o recomendado pela CONAB (DECKERS, 2006), para que se possa mensurar a inexatidão, e incertezas, que pode ensejar o índice de rotatividade¹⁶.

Isto porque aquele primeiro trabalho indica, para uma safra de 123,2 milhões de toneladas de grãos (2002/2003), uma demanda de 155,2 milhões de toneladas em **capacidade dinâmica** de armazenagem (aproximadamente 26% acima da produção), enquanto que, seguindo a diretriz daquela segunda recomendação, para a mesma safra, a **capacidade estática** deveria ser de cerca de 148 milhões de toneladas. Assim, estando “corretos” os dois cálculos, ou apresentando ambos os resultados adequados à realidade, o índice de rotação esperado é de apenas 1,05, ou seja, a movimentação anual “média” esperada de um armazém estaria somente 5% acima da sua capacidade estática (nominal).

¹⁶ Cada armazenador (produtor, *trading*, entre outros), a partir do controle de suas próprias operações, pode estimar índices de rotação próprios com precisão. Aqui se questiona a imprecisão na utilização de índices “universais”.

Tal índice de rotação indicaria então que, ou a CONAB estaria sendo “conservadora” em sua recomendação, privilegiando o excesso ante a carência, ou, em funções de características da produção e do escoamento agrícola brasileiro, a rotatividade média dos armazéns no país seria realmente baixa se comparada com valores encontrados na literatura.

A primeira hipótese, que representaria privilegiar a segurança ante o risco de carestia, mereceria avaliação minuciosa no tocante aos seus custos e eficiências, pois poderia significar uma proposta/recomendação inviável economicamente, tornando excessivamente onerado o custo total da operação de escoamento, com o excesso não utilizado de armazenagem, e sendo fatal à cadeia agroexportadora, uma vez que *“os produtos agropecuários são os mais impactados pelos custos logísticos”* (NAVES, 2007, p. 2) e, portanto, devem ser movimentados e escoados da forma mais eficiente e econômica possível.

Já na segunda hipótese, a possível baixa rotatividade média nos armazéns brasileiros estaria relacionada com características da produção e do escoamento agrícola, bem como das ineficiências existentes (época de comercialização, regiões com baixa demanda de armazéns, estruturas inadequadas, estradas intransitáveis em períodos chuvosos, entre outras possíveis).

Não obstante a significância do possível índice 1,05 por si só (sua magnitude se explicaria por uma diretriz “conservadora” em relação à segurança ou por ineficiências), deve-se notar que o mesmo também estaria bastante distante do um índice “universal” 1,5, o que indicaria um padrão de utilização bastante aquém do “universal”. Nesse contexto de valores dispersos e incertos, não se pode desconsiderar a observação de Puzzi (2000, p. 79): *“devido à extensão territorial do Brasil, a avaliação da eficiência da rede armazenadora é de difícil prognóstico”¹⁷*.

Em linha com a afirmação de Puzzi (2000), outra dificuldade adicional de se estimar um índice de rotação no Brasil, é que se pode encontrar “rotações forçadas”, ou seja, situações em que, *a priori*, os grãos seriam mantidos em estoque, porém são comercializados para que se tenha espaço para armazenamento de uma nova safra. Weber (2005, p. 19-20) observa que *“em algumas regiões no Rio Grande do Sul, (...), em inúmeros casos, os silos ainda se encontram*

¹⁷ O que, segundo o autor, não impede o reconhecimento de grandes perdas de grãos por falhas administrativas.

ocupados quando do início de uma nova colheita. Os produtores individuais ou cooperados, pela falta de armazenagem, se vêem obrigados a comercializar com toda brevidade os produtos para liberar os silos sem poder aguardar uma oportunidade de melhor preço¹⁸”.

Assim, é preciso atentar para o fato de que índices de rotação mensurados empiricamente, a partir da observação de dados operacionais brasileiros, podem estar distorcidos, apresentando uma rotação acima daquela que ocorreria caso não houvesse escassez de oferta de armazéns, ao menos, em algumas regiões. Logo, tendo em vista a discrepância entre os valores, bem como a incerteza em relação à causa de tal divergência, entende-se que, embora o índice de rotação seja necessário para se estimar a oferta de capacidade dinâmica, ou, de modo inverso, avaliar a suficiência dos armazéns instalados, deve-se ter cuidado com o valor que lhe é atribuído.

Desse modo, a avaliação da suficiência da capacidade estática instalada não se resume à identificação da demanda dinâmica requerida. De fato, só é possível a partir de uma análise mais aprofundada acerca da utilização dos armazéns e das características da produção, colheita e escoamento dos grãos no país. Nesse contexto, permanece válida a constatação de Nogueira Jr. e Tsunehiro (2003, p. 3): *“A maioria dos estudos sobre armazenagem realizados no Brasil diz respeito aos aspectos técnicos de guarda e conservação de mercadorias, havendo escassa literatura sobre sua importância na logística, na avaliação das capacidades, na estabilidade de preços e na formulação de políticas para o setor. Verificação feita na Revista Brasileira de Armazenagem (...) e em outros veículos de divulgação comprova a escassez de artigos técnico-científicos na área de economia/comercialização agrícola¹⁹”.*

A seguir, serão apresentadas outras particularidades e fatores relativos à realidade nacional que merecem maior detalhamento de seus impactos na utilização dos armazéns e, por conseguinte, na sua demanda necessária.

¹⁸ No caso da soja, a *“colheita inicia, no RS, em meados de março e irá ocupar a totalidade da armazenagem disponível numa ampla região do Estado. Porém o trigo que foi colhido em novembro ainda permanece nos silos e o milho da primeira safra começa a ser colhido em janeiro (...) e se prolonga até meados de abril (...). Assim, a soja (...) encontra boa parte da capacidade armazenadora comprometida com trigo e milho”* (WEBER, 2005, p. 19-20).

¹⁹ Wanke (2006, p. 2-3) também observa que há *“insuficiência de artigos acadêmicos nacionais e internacionais sobre o tema”* e que a *“revisão de literatura (...) revelou que a grande maioria das publicações constitui-se de anuários estatísticos, relatórios governamentais e reportagens com estatísticas descritivas”* e *“poucos artigos acadêmicos abordando temas sobre qualidade da infraestrutura e segmentação dos exportadores”*.

2.7 – Características do Escoamento de Grãos no Brasil

2.7.1 – Época de Colheita e Comercialização

Determinar as características dos produtos a serem estocados, tais como época de colheita, umidade e impurezas, tipo de grão e volumes, constitui a primeira etapa do planejamento de um sistema de armazenagem²⁰ (SILVA, 2005b). Para o dimensionamento da capacidade estática somente, a característica determinante é o volume de grãos a ser mantido em estoque em cada momento, que, por sua vez, é definido em função do seu ciclo de produção: época de semeadura, colheita e comercialização.

Assim, em um estudo de demanda, viabilidade e capacidade de armazéns, o ciclo de produção do grão a ser estocado deve ser cuidadosamente analisado. Isto porque a agricultura brasileira guarda particularidades que, ao serem consideradas, podem indicar uma necessidade menor de armazenagem ou mesmo uma provável ociosidade em casos específicos, como por exemplo, a cultura de soja voltada para exportação.

Primeiramente, deve-se atentar para o período da colheita, pois, ao contrário de países onde sua época é bem definida, no Brasil, em função de condições climáticas propícias, a tecnologia (sementes, métodos de plantio, correção de solo e controle de pragas) permite produzir *“em épocas e regiões distintas das tradicionalmente conhecidas. Em consequência, os períodos de colheita se alargaram”*²¹ (NOGUEIRA Jr. e TSUNECHIRO, 2005a, p. 16).

Assim, o planejamento de investimentos em armazéns deve considerar a possibilidade de escalonamento da produção, que é possível ser feito até no caso de uma safra de um mesmo tipo de grão, dado que há sementes com períodos de germinação diferentes. Por conseguinte, tal

²⁰ Acrescentam-se: oferta de armazéns na localidade, seus perfis e condições, estratégias de comercialização, mercado de frete e condições da infraestrutura de escoamento, sazonalidade de preços e condições de financiamento.

²¹ *“Trigo, aveia, cevada e centeio, por exemplo, são produzidos apenas no inverno, enquanto um quarto a um terço da produção de milho é produzido em cultura de sucessão. No caso do feijão há quase um fluxo contínuo durante o ano, com colheitas sucessivas”* (NOGUEIRA Jr. e TSUNECHIRO, 2005a, p. 12).

flexibilidade operacional permite a redução da capacidade estática requerida²², tornando menos necessário, ou mais desinteressante, um determinado investimento adicional em armazenagem²³.

Além do período de colheita, outra característica da agricultura nacional, a ser levada em conta em estudos relativos a investimentos em armazenagem, é o perfil de comercialização da safra. Embora haja culturas voltadas para o mercado interno, a agricultura agroexportadora é responsável por significativa parcela da produção de grãos nacional, sendo seu principal produto a soja. Nesse contexto, ressalta-se que a estocagem de soja pode não ser comercialmente interessante, pois conforme explicam Ojima e Rocha (2005, p. 3): *“No Brasil, o plantio é feito no final do ano e a colheita no primeiro semestre. Como a colheita dos EUA ocorre no segundo semestre, a exportação brasileira tende a se dar no primeiro semestre, e o escoamento acaba concentrando-se neste período, em consequência também dos preços no mercado neste período”*.

Ferreira *et al.* (1993) também apontam sazonalidade na comercialização da soja, pois *“no Brasil e nos demais países do Hemisfério Sul, a colheita se estende de março a maio, enquanto que no Hemisfério Norte a colheita ocorre em setembro/outubro (nos Estados Unidos)”*, e, assim, o *“período de exportação preferencial brasileiro”* ocorre entre *“maio a agosto, ou seja, antes da colheita da safra norte-americana”* (p. 12).

Dessa forma, dado que as colheitas de soja no Brasil e nos EUA são realizadas em semestres intercalados (ou seja, a safra brasileira é colhida no período no qual os estoques americanos se encontram em seus níveis mais baixos), o armazenamento do grão, objetivando a comercialização diluída ao longo do ano, *“aparentemente não é bom negócio”* (HIJJAR, 2004).

Alguns instrumentos financeiros e práticas comerciais, também reforçam a tendência de venda (ou entrega) logo após a colheita: por exemplo, (i) a venda antecipada para *tradings*, onde

²² Embora, conforme observa Puzzi (2000, p. 59): *“a maioria das lavouras é plantada na primavera e colhida e vendida no verão ou outono (...). Os grãos são colhidos em torno de 30 dias, regra geral, e a sua comercialização é realizada, também, num curto período”*.

²³ Ainda que reconheçam que o “alargamento” dos períodos de colheita alivie a demanda por armazenamento em períodos de pico, Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a, p. 16) também ressaltam que *“a concentração da crescente produção agrícola em poucos itens (grãos), com períodos de colheitas coincidentes, tem levado ao crescimento substancial da demanda pela modernização da atual infraestrutura de armazenagem e transporte, visando a um eficiente sistema logístico para escoamento (no tempo e no espaço) das safras”*.

o produtor recebe antecipadamente o produto a ser entregue na colheita²⁴; e (ii) aqueles utilizados como *hedge* (proteção) de preços, tais como os contratos de venda futura, onde há o compromisso de se entregar a produção tão logo colhida por um preço pré-estabelecido²⁵.

Shepherd (1993) também notou que impostos e despesas logo após a colheita forçam a venda imediata da produção. Além disso, fazendeiros querem evitar riscos e dinheiro no bolso valeria mais a pena do que grãos armazenados, que poderiam ser atacados por insetos ou os preços no mercado sofreriam um colapso. Adicionalmente, o autor defende que políticas de preços fixos minam o que seria o escopo da armazenagem nas propriedades rurais.

Assim, para o produtor agrícola, e mesmo para o país, pode ser mais lucrativo escoar a produção de soja o mais rápido possível, embora a concentração do escoamento acabe trazendo outras consequências, tais como a geração de picos *“de necessidade na estrutura logística do país, que devem ser comportados pelos portos, rodovias e ferrovias”* (OJIMA, 2006, p. 3).

Todavia, embora a comercialização da soja apresente especificidades quanto ao seu período de comercialização, outros produtos podem apresentar perfis totalmente distintos e, daí, requererem outras estratégias de movimentação (armazenagem e escoamento). O milho, por exemplo, tem *“utilização variada, predominando seu uso como ingrediente de rações animais, principalmente aves e suínos. Uma parcela é destinada à moagem para a produção de óleos e outros produtos industriais. Uma porção razoável é retida no próprio meio rural, onde é utilizada para alimentação animal e humana. Esporadicamente é exportado e, muitas vezes, importado para complementar o consumo interno”* (CAIXETA-FILHO, 2001b, p. 144).

Destarte, diferentemente da soja, o milho tem seu consumo mais homogêneo no tempo e, portanto, o seu escoamento pode ser também mais uniforme ao longo do ano. Nesse contexto, o armazenamento do grão pode ser mais indicado ou viável para o milho do que para a soja²⁶.

²⁴ Embora tal alternativa possa ser custosa em função de deságios (CASTRO, 2009).

²⁵ Reportagem de Tomazela (2010), publicada no jornal O Estado de São Paulo, mostra o efeito dos contratos futuros sobre a demanda de transporte no Estado do Mato Grosso (MT), no período da colheita: *“Como grande parte da produção foi negociada no mercado futuro, os produtores tem pressa de embarcar a produção”*.

²⁶ Ver item 2.9.4 – **Venda direta**.

Enfim, pode-se concluir que a decisão de expansão da capacidade armazenadora deve considerar a flexibilidade possível na colheita e deve estar alinhada com a estratégia de comercialização do grão a ser armazenado. Nas palavras de Puzzi (2000, p. 161): *“Armazenamento e transporte das safras são atividades que devem estar intimamente relacionadas, de modo a oferecer eficiência e racionalização dos fluxos de grãos”*.

2.7.2 – Localização, Perfis e Condições dos Armazéns

Características dos armazéns, tais como localização, perfil (tipo, grãos armazenáveis, desempenho de seus equipamentos - movimentação, secagem, aeração, entre outros aspectos técnicos) e condições operacionais em que se encontram, também são fatores que devem ser minuciosamente avaliados em uma análise acerca da suficiência da capacidade instalada dos armazéns e/ou da necessidade, ou conveniência, de investimentos, tanto na expansão da capacidade estática, como também, em paralelo ou alternativamente, em melhorias e adequações das instalações existentes, incrementando, desta forma, o índice de rotação destes armazéns.

No tocante à localização e adequação dos armazéns instalados no país, pode-se observar que, em função das necessidades e demandas atuais, diversas ineficiências surgem no sistema existente: subutilização, excesso de oferta em determinadas regiões enquanto o inverso (carência) ocorre em outras²⁷ e existência de armazéns inadequados à produção local²⁸.

Tais requisitos (localização e tipo) constituem, a princípio, *“problemas históricos”*, uma vez que, *“em alguns estados, a rede ainda comporta construções antigas por conta da herança da lavoura cafeeira, como no Estado de São Paulo; a localização nem sempre acompanha a migração da agricultura”* (NOGUEIRA Jr. e TSUNECHIRO, 2005b, p. 1).

²⁷ Gallimore (1981) nota que, nos EUA, os Estados localizados mais distantes dos principais mercados domésticos e portos de exportação são os que possuem a maior relação capacidade de armazenamento nas fazendas pela produção. Entende-se que tal disposição represente a maior sensibilidade à sazonalidade dos fretes, cuja oscilação afetaria com mais intensidade as localidades mais distantes dos pontos finais.

²⁸ Por exemplo, utilização de armazéns convencionais para estocagem de grãos, gerando perdas, deterioração e degradação dos grãos armazenados, bem como maiores custos operacionais.

Já Deckers (2006, p. 2) entende que “*não se pode afirmar que o problema de carência de armazéns no Brasil está resolvido. A expansão da capacidade nacional não se fez de forma uniforme e o déficit de armazenagem ainda existe em determinadas regiões. Os dados indicam que no Norte e Nordeste o volume de armazéns não é suficiente para a colheita, enquanto no Sudeste sobram armazéns. (...). A região Centro-Oeste apresenta uma peculiaridade que se destaca com mais intensidade das demais regiões. Em que pese a capacidade estática desta região ser superior a respectiva produção, a carência de armazéns em várias microrregiões e a elevada capacidade estática das empresas que recebem basicamente soja geram a falta de espaços localizados para o recebimento de outros produtos. (...) Também, não se pode deixar de levar em consideração que nem sempre a modalidade de armazenamento disponível em determinado local é compatível com a sua necessidade*”.

Nesse contexto, o trabalho de Rocha (2008) é bastante ilustrativo da problemática, uma vez que mesmo dentro de uma região (MT) que apresente déficit de armazenagem (6,43 milhões de toneladas²⁹, ou 36% da produção, em 2003), pode haver microrregiões com armazéns ociosos (Primavera do Leste, 254 mil toneladas de capacidade excedente, Cuiabá, 166 mil toneladas, Rondonópolis, 113 mil toneladas e Tangará da Serra – 66 mil toneladas), significando inclusive que, considerando somente as microrregiões onde há carência de armazenagem, o déficit total é maior que aquele calculado para o Estado (6,43 milhões de toneladas).

Já Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a), para avaliar a ociosidade dos armazéns brasileiros, elaboraram o indicador que considera a relação produção/capacidade estática e a capacidade dinâmica (índice de rotação adotado igual a 1,5), onde um número acima de 1 indicaria que a demanda supera a capacidade dinâmica, e abaixo de 1 apontaria ociosidade. Os resultados obtidos mostram carência no país como um todo e, principalmente, revelam uma má distribuição de armazéns, havendo deficiências em determinados locais e excesso de capacidade em outros.

Estado	(Prod./ Cap_{est}) / Cap. Dinâmica
<i>Paraná</i>	<i>1,15</i>
<i>São Paulo</i>	<i>1,69</i>

²⁹ Para efeito de cálculo do déficit, a autora apenas comparou a capacidade estática instalada com a produção.

<i>Rio Grande do Sul</i>	<i>0,80</i>
<i>Mato Grosso</i>	<i>0,93</i>
<i>Goiás</i>	<i>0,77</i>
<i>Minas Gerais</i>	<i>1,56</i>
<i>Mato Grosso do Sul</i>	<i>1,14</i>
<i>Santa Catarina</i>	<i>1,50</i>
<i>Bahia</i>	<i>1,57</i>
<i>Maranhão</i>	<i>2,81</i>
<i>Ceará</i>	<i>2,80</i>
<i>Pernambuco</i>	<i>1,80</i>
<i>Alagoas</i>	<i>3,89</i>
<i>Pará</i>	<i>3,58</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>3,31</i>
<i>Tocantins</i>	<i>0,61</i>
<i>Espírito Santo</i>	<i>0,70</i>
<i>Piauí</i>	<i>3,25</i>
<i>Rondônia</i>	<i>2,39</i>
<i>Rio Grande do Norte</i>	<i>3,65</i>
<i>Distrito Federal</i>	<i>0,90</i>
<i>Sergipe</i>	<i>12,44</i>
<i>Paraíba</i>	<i>3,57</i>
<i>Roraima</i>	<i>5,78</i>
<i>Amazonas</i>	<i>5,13</i>
<i>Acre</i>	<i>2,57</i>
<i>Amapá</i>	<i>4,24</i>
<i>BRASIL</i>	<i>1,14</i>

Tabela 2.4 – Relação produção/capacidade estática pela capacidade dinâmica dos armazéns

Fonte: Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a) - adaptado. Base: 2003.

Ressalta-se que os resultados acima não consideram o tipo de armazém e o perfil da produção, pois caso a análise seja desagregada em armazéns convencionais e a graneis, bem como a respectiva demanda existente, os desequilíbrios encontrados são maiores (NOGUEIRA JR. e TSUNECHIRO, 2005a).

Mesquita *et al.* (2007, p. 19), avaliando o sistema de armazenagem brasileiro, concluíram, a partir das “taxas de ocupação”, “*pela ineficiência e não efetividade do sistema de armazenagem estática brasileiro face ao aumento da produção do agronegócio nacional*”.

Outro fenômeno que se sucede, decorrente da má localização dos armazéns, é o “*passaio dos grãos*”: quando produtos são levados da região produtora para serem armazenados nos centros consumidores (por falta de infraestrutura armazenadora próxima) e, posteriormente, voltam às regiões de origem para atender às necessidades locais na entressafra (PUZZI, 2000). Tal prática se configura em um contrassenso econômico, uma vez que os fretes tendem a encarecer no período da colheita³⁰ e, portanto, tal movimentação enseja transporte do produto justamente na época que seu custo é mais elevado.

Acerca da seleção da local de implantação de um armazém, Ballou (1993) listou os seguintes fatores que devem ser levados em consideração³¹:

- Leis locais de zoneamento;
- Atitude da comunidade e do governo local com relação ao armazém;
- Custo para desenvolver e conformar o terreno;
- Custos de construção;
- Disponibilidade e acesso a serviços de transporte;
- Potencial para expansão;
- Disponibilidade, salários, ambiente e produtividade da mão de obra local;
- Taxas relativas ao local e à operação do armazém;
- Segurança do local;
- Valor “promocional” do local;
- Taxas de seguro e disponibilidade de financiamento;
- Congestionamento de tráfego nas redondezas do local.

Outro aspecto ao qual se deve dar atenção são as condições dos armazéns existentes, uma vez que situações precárias levam à subutilização, tanto em função de espaços não ocupados, como também de ineficiências geradas nas operações rotineiras, o que impacta os níveis de utilização do sistema de armazenagem como um todo, diminuindo sua produtividade e exigindo, então, uma maior capacidade estática instalada. Nesse contexto, DECKERS (2006, p. 12) observa que “*a deficiência de fluxo na capacidade de processamento (pré-limpeza, secagem*

³⁰ Ver item 2.8.2 – **Variação Sazonal de Fretes Rodoviário.**

³¹ Ressalta-se que o autor tem o foco em empreendimentos industriais e comerciais e, portanto, nem todos os pontos destacados são aplicáveis no caso da produção agrícola.

e limpeza) e movimentação interna de produtos nas unidades armazenadoras, principalmente naquelas mais antigas, são fatores que também prejudicam o rápido escoamento da safra”.

Nogueira Jr. e Tsunehiro (2005a, p. 17) também alertam para o fato de que *“a qualidade das unidades existentes e a sua adequação (granel x sacaria) ainda deixa a desejar, sobretudo nas regiões tradicionais, pela própria idade das instalações, dada a menor inversão de recursos em infra-estrutura, em contraponto àquelas com incorporação recente de novas áreas ao processo produtivo, onde predominam unidades para armazenagem a granel”.*

Assim, os aspectos aqui considerados são determinantes, tanto na avaliação da armazenagem do país, quanto sob o ponto de vista de um investidor em armazéns próprios (produtor agrícola, *tradings* ou prestadores de serviços). Dessa forma, deve-se observar a adequação (tipo) e condições (fluxo de operações e estado físico, entre outros aspectos) dos armazéns existentes, principalmente, *“nos programas de investimentos do Governo para o setor armazenador”* (DECKERS, 2006, p. 12), pois a capacidade dinâmica pode ser aumentada³² com: (i) alteração do tipo dos armazéns ociosos; (ii) incremento na movimentação dos grãos (transbordo, limpeza, secagem) e (iii) melhorias na manutenção.

Nessa linha, Deckers (2005, p. 42) também recomenda: *“deve-se também levar em consideração as localidades onde não existe déficit de espaço para armazenagem, mas inadequação da modalidade existente (armazéns convencionais) em face da demanda (produção granelizada). Portanto não é recomendável que se proponha a construção de novas unidades armazenadoras, baseando-se somente na correlação da capacidade estática e da produção agrícola, com alta probabilidade de superestimar a necessidade dessa medida”.*

Pontes *et al.* (2009, p. 171) também concluíram que os problemas da armazenagem não se resumem à capacidade estática instalada: *“As principais causas dos problemas de armazenagem são as deficiências na sua rede de armazenamento, seja com relação à insuficiência da capacidade de estocagem ou em função da necessidade de adaptações e modernização das unidades”.*

³² Deckers (2005, p. 13) entende que é *“necessário que o dimensionamento da situação de armazenagem contemple a modernização das unidades existentes, pois é um fator que limita a oferta da capacidade estática do País”.*

Destarte, um produtor agrícola deve considerar a localização e o perfil da propriedade (o excesso ou carência de armazéns na região, a possibilidade de utilizar o armazém próprio para produtos de terceiros e a perspectiva de manter a produção, no longo prazo, de grão adequado ao tipo da instalação planejada), bem como cotejar alternativas de estocagem e escoamento, tais como investimentos em cotas de armazéns coletivos³³ e/ou equipamentos de transportes (caminhões e carretas). Por fim, deve-se atentar também para a existência ou não de “carga de retorno³⁴”, que pode ter implicações positivas ou negativas no custo de transporte (LIMA, 2006).

2.7.3 – Ambiente Macroeconômico – Taxa de Juros

Uma das mais importantes variáveis que afetam a decisão de armazenar grãos é a taxa de juros, pois ela *“representa o custo de oportunidade de se armazenar o produto. Em outras palavras, se a taxa de juros aumentasse, a rentabilidade (e a margem) da comercialização deveria aumentar pelo menos na mesma grandeza, para que os agentes de mercado obtivessem uma remuneração por seus recursos investidos compatível com alternativas de investimento”* (FERREIRA *et al.*, 1993, p. 23).

Assim, uma vez que grãos armazenados são capitais parados, o custo de oportunidade de estocagem dos produtos agrícolas (taxa de juros) deve ser menor que o retorno financeiro da atividade para que ela seja estimulada. Tal assertiva é válida tanto para o produtor que utiliza capital próprio, pois o ganho auferido com a manutenção de grãos em estoque pode ser suplantado pelo retorno em outras aplicações, obtido a partir da comercialização imediata após a colheita e posterior aplicação³⁵, quanto para aquele que necessita de financiamento para comercializar a produção fora do período da colheita, dado que só estocará produtos agrícolas se o custo do capital obtido com terceiros for menor que o ganho propiciado pela armazenagem.

³³ Os armazéns coletivos são formados por sociedades de produtores. Por conseguinte, possuem escala muito maior que a média dos armazéns instalados nas propriedades rurais e estão localizados em áreas urbanas.

³⁴ Carga de retorno, se existir, é aquela cuja movimentação tem seu itinerário inverso ao da carga principal, o que permite reduzir o custo total (frete) da operação do equipamento de transporte ao maximizar seu uso.

³⁵ *“Os agricultores tendiam a dispor rapidamente da produção (bens reais) e demandar bens monetários em busca de liquidez para aplicar nos mercados financeiros”* (FERREIRA *et al.*, 1993, p. 45).

Pontes *et al.* (2009, p. 167) suspeitam, inclusive, que as “*altas taxas de juros observadas na década de 90*” implicaram o “*aumento do custo financeiro (...), o que prejudicou os investimentos agrícolas, especialmente na ampliação e modernização de armazéns*”.

Já Ferreira *et al.* (1993), estudando aspectos da comercialização de grãos, observaram situações que fortalecem a hipótese da taxa de juros ter relevante papel na formação de estoque e comercialização, entre elas:

- No comércio de feijão, “*a variável que se parece associar mais fortemente ao comportamento da margem é a taxa de juros real*” (p. 31);
- Já no de soja, a “*premência dos agricultores em se desfazer da safra (em função do descompasso entre as indexações do crédito e dos preços mínimos)*” (p. 14).

Gallimore (1981), abordando a armazenagem de grãos por outra perspectiva, chamou a atenção para a capacidade instalada nos EUA, que mais que dobrou nos anos 1970 e, entre as causas, estariam os empréstimos para implantação de instalações de armazenagem, o que também reforça a ideia de que tais investimentos estão ligados às condições de financiamento.

Deckers (2005) também imputa às altas taxas de juros no Brasil, vigentes entre as safras 1993/1994 e 2000/2001, a escassez de recursos e falta de investimento em armazenagem no país no referido período. Nesse contexto, as taxas de juros devem ser levadas em consideração na avaliação de investimentos em armazéns:

- **No caso do produtor/investidor:** para avaliar a viabilidade econômico-financeira do empreendimento, considerando os custos dos financiamentos (ou ‘*custo de oportunidade*’, no caso de capital próprio) tanto para (i) implantação do sistema como na (ii) operação em si (manutenção de produtos em estoque);
- **Na hipótese de planejamento de políticas públicas:** na construção de armazéns públicos, deve-se analisar as características do mercado e seu funcionamento levando-se em conta a taxa de juros, pois não há sentido ofertar capacidade de armazenagem caso o financiamento do estoque seja inviável economicamente, restrito e/ou limitado. Já subsídios à estocagem de grãos, diante da escassa poupança brasileira, devem ser confrontados com outros projetos com possíveis retornos sociais maiores.

Desta forma, pode-se concluir que seriam necessários estudos adicionais acerca da conveniência de se incentivar a armazenagem de grãos diante da escassez de recursos para os demais fins, visto que os produtos armazenados representam capital parado, enquanto que a taxa de poupança no Brasil é baixa e, até mesmo em razão disto, seu custo – taxa de juros – alto.

2.8 – Riscos da Armazenagem de Grãos

Se há dificuldades em avaliar a suficiência ou carência da armazenagem no país, bem como sua relação custo-benefício, também existem incertezas acerca dos ganhos propiciados pelo investimento em armazéns para o agricultor, conforme abordado a seguir.

2.8.1 – Variação Sazonal de Preços Agrícolas

O benefício associado imediatamente à armazenagem no período de colheita, para posterior venda na entressafra, seria o diferencial de preços dos produtos agrícolas existente entre os dois períodos, visto que, senso comum, na safra os preços caem (oferta em grande quantidade) e, posteriormente, voltam a subir à medida que cessa a colheita e diminuem os estoques.

Sobre tal ganho financeiro, vale destacar a discussão levada a cabo por Poynder (1999) acerca dos diferentes motivos que justificaram a armazenagem de grãos, em países europeus, entre os séculos XIII e XX³⁶, tomando por base para tanto, uma análise quantitativa e qualitativa dos benefícios e custos relacionados à atividade. O autor, em sua análise, parte da equação que explicaria o equilíbrio dos preços de grãos entre os períodos de safra e entressafra:

$$(P_e / (P_s + C_{ta})) = 1 \quad \text{Equação (2.1)}$$

$$\text{Se } C_{ta} = C_a + C_j + D + P_r \quad \text{Equação (2.2)}$$

³⁶ O período considerado pelo autor tem início na segunda metade do Século XIII e, daí, em momentos data o princípio de sua análise como sendo Século XIII, ora traz dados somente a partir do Século XIV (Anos 1300).

Onde:

Pe = preço esperado para entressafra

Ps = preço na safra

Cta = custos totais de armazenagem

Ca = custo de aluguel

Cj = custo de capital

D = depreciação do grão³⁷

Pr = prêmio de risco

Infero o autor que, sendo a equação acima verdadeira, “os preços dos grãos tendem a elevar-se sazonalmente porque o grão somente será armazenado quando a expectativa de seu preço futuro for igual à soma de seu preço corrente e seus custos de armazenagem” (POYNDER, 1999, p. 4). Todavia, estimando taxas de juros, aluguéis e depreciação dos grãos nos séculos XIII a XX, e comparando com as variações sazonais para os referidos períodos históricos, ele conclui que a equação acima não se sustenta como modelo matemático que explica as decisões tomadas de se armazenar grãos. Isso pois, conforme se pode ver na Tabela 2.5, mesmo considerando apenas tais variáveis (excluindo, portanto, (i) prêmio de risco, (ii) custos de seguros e (iii) custos relativos à manutenção dos estoques de grãos, tais como ventilação e expurgo³⁸), a armazenagem se revela, ao longo da história, financeiramente deficitária.

Período	Variação sazonal	Taxa de juros (a.a.)	Aluguel (anual)	Depreciação anual	Custo de armazenagem (anual)	Diferença (variação de preço e custos)
Séc. 14	33,1%	10,0%	3,6%*	5,0%	18,6%	14,5%
Séc. 17	5,0%	5,8%	6,3%	5,0%	17,1%	-12,1%
Séc. 19	1,4%	3,7%	6,9%	3,5%	14,1%	-12,7%
Séc. 20	4,1%	5,6%	14,6%	0,0%	20,2%	-16,1%

Tabela 2.5 – Variações sazonais de preços de grãos e custos de armazenagem nos séc. XIV a XX

Fonte: POYNDER (1999)

³⁷ O termo depreciação de grãos refere-se à “perda física” em decorrência de apodrecimento, deterioração da qualidade (teor nutritivo e integridade dos grãos, entre outros aspectos), ataque de insetos e roedores diversos.

³⁸ Operação que visa combater pragas e insetos que atacam grãos estocados e “consiste em encerrar os produtos em ambiente hermético, onde é introduzido o inseticida em estado gasoso, chamado fumigante.” (PUZZI, 2000).

* **Observação:** no trabalho de Poynder (1999), a tabela apresenta o valor de 3,1% para o custo relativo a aluguel (anual) no período “Século 14”. Porém, conforme o texto, e coerente com as demais colunas da tabela, o correto é 3,6%, aqui corrigido.

Dessa forma, o autor postula que haveria benefícios adicionais, ou ainda, “ganhos de utilidade” (“*convenience yield*”³⁹) ao se manter grãos em estoque, e conclui, assim, que “*grão pode ser estocado tanto quando a soma de aluguel, juros e depreciação for menor que, igual a, ou maior que a expectativa de aumento no preço entre o presente e um tempo futuro, dependendo da relação utilidade/risco na armazenagem. Se a utilidade é maior que o risco, então haverá estocagem mesmo se o preço futuro projetado crescer a taxa menor que aluguel, juros e depreciação; se é menor que o risco, então vice versa*” (POYNDER, 1999, p. 15-16).

O raciocínio acima pode ser expresso, sem prejuízo ao sentido, nas seguintes palavras: a armazenagem se justifica pelo “custo de oportunidade” de não se armazenar grãos. Ou seja, estoques são mantidos quando os riscos e perdas associadas a “não armazenar” são maiores que o prejuízo financeiro incorrido na estocagem dos grãos⁴⁰.

Acrescenta-se que, além da armazenagem poder ser financeiramente deficitária, há políticas públicas que neutralizam maiores variações (o que permite maiores ganhos)⁴¹. Nada obstante, conforme se observa na reportagem de Corrêa (2006), publicada na revista EXAME, é possível lucrar com a comercialização da safra: “*quem já optou por um sistema de armazenagem próprio concorda que as vantagens superam os gastos. ‘Antes eu vendia na época da colheita e perdia dinheiro’, diz Heitor Yoshimitsu Arikita, gerente do grupo Ioshida, de São Paulo. ‘Agora posso controlar a comercialização e também a colheita’. (...) Segundo Arikita, o investimento se pagou em pouco tempo*”.

³⁹ O autor identificou a preservação de poder de compra no curto prazo como “ganho de utilidade” na manutenção de grãos armazenados durante os séculos XIII a XIX. Isso ocorria tanto porque a prata apresentava oscilações no seu poder de compra, como também até meados do século XIX o pagamento por empréstimos, financiamento a produção agrícola e trabalho eram liquidados em grãos. Assim, eliminar o “descasamento” de “indexadores” entre ativos e passivos justificava a estocagem de grãos ainda que as variações sazonais não remunerassem o custo de armazenar.

⁴⁰ *Convenience yield*: benefício ou prêmio associado à manutenção do produto físico em vez de contrato de compra ou derivativo (*hedge*).

⁴¹ Conforme se deduz do exposto no relatório “Estudos de Prospecção de Mercado” (CONAB, 2008b, p. 86): “*a Conab ficará sem estoques (...) para continuar desenvolvendo a política histórica do abastecimento no País, e ao mesmo tempo combatendo os desequilíbrios Regionais*” (grifo nosso).

Todavia, também há exemplos que mostram que o lucro na comercialização é incerto, como indica a reportagem de Tomazela (2010), publicada no Jornal “O Estado de São Paulo”, mostrando que no início da colheita de 2010 ainda havia *“silos abarrotados com o milho que não foi vendido por causa dos preços baixos”*. Ou seja, quem armazenou incorreu nos custos, porém, não teve oferta de preços que remunerassem o custo total do produto, armazenagem inclusa.

Pode-se concluir, então, que o ganho obtido pela armazenagem, propiciado somente pela oscilação dos preços agrícolas, tem viés especulativo, que pode ou não vir a se concretizar. Dessa forma, a estocagem de grãos deve se fundamentar em “ganhos de utilidade” (*“convenience yield”*), embora Brennan (1958, p. 70) pondere que *“a fronteira de distinção entre estoques de conveniência e especulativos é tênue”⁴²*.

2.8.2 – Variação Sazonal de Fretes Rodoviários

Considerando que o Brasil é altamente dependente do modal rodoviário (HIJAR, 2008), outro possível retorno financeiro proporcionado pela estocagem de grãos seria aquele advindo dos preços de fretes. Isso porque o escoamento imediato da safra provoca uma demanda por transporte acima da oferta existente e, portanto, pressiona o preço do frete rodoviário.

Caixeta-Filho (2001b) assim descreve o impacto do escoamento dos grãos: *“a safra da soja é, sem dúvida, a que mais desestabiliza o mercado de frete. O pico da safra de soja começa na segunda quinzena de março e vai até a segunda quinzena de abril”⁴³, sendo que a sinalização de preços já pode ser visualizada até 90 dias antes desse período, em função da entrada da soja safrinha (...). O escoamento da safra de soja causa significativa desestabilização no mercado de frete. Com a utilização intensa dos serviços de transporte, os veículos disponíveis tomam-se escassos e os valores de frete sobem consideravelmente. A curva de valores de frete observa violentos picos nos meses de colheita. Tais picos não se comparam com aqueles observados para*

⁴² Ainda assim, Brennan (1958, p. 70) entende que uma *“motivação de conveniência é ordinariamente distinta de uma motivação especulativa”*.

⁴³ Soares (2001) define o pico de escoamento da safra de soja entre março e junho.

a curva de valores de frete para transporte de outros produtos (...). Os valores de frete, após sofrerem uma queda abrupta, continuam a decrescer de maneira mais discreta, até que se inicie a próxima safra” (p. 137 - 138).

Caixeta-Filho (2001b), bem como Soares (2001), constataram que, como a carência de armazéns é maior nas propriedades rurais, a escassez de caminhões e consequentes picos nos fretes ocorrem justamente nos trechos que tem como origens as unidades agrícolas.

Registra-se, também, que a oferta de transporte, já escassa na época da colheita, pode ser restringida ainda mais em função de atrasos que reduzem a produtividade dos caminhões (gerando pressão extra nos fretes). Tais atrasos ocorrem tanto em função de congestionamentos e filas nos portos (SOARES, 2001) quanto da necessidade de caminhões serem carregados dentro da própria lavoura (CAIXETA-FILHO, 2001b).

No entanto, é importante ressaltar pressões sobre fretes ocorrem muito mais em função de perfis de comercialização do que épocas de colheita, pois, como observou Gallimore (1981), a existência de armazéns próximos à produção reduz o pico de demanda por transporte na colheita, mas não os picos de exportação (comercialização). No caso do milho, por exemplo, Caixeta-Filho (2001b) entende que seus picos de escoamento “*não chegam a causar impacto na oferta global de transporte*” (p. 144), pois “*a produção de milho apresenta-se bastante pulverizada*⁴⁴, além de apresentar algumas alternativas em relação à época de plantio (...). Considerando-se esses fatos, e o de que seu transporte sofre concorrência com o transporte de outros grãos, torna-se difícil a indicação de alguma tendência em sua sazonalidade” (p. 145)⁴⁵.

Martins *et al.* (2005), investigando a sazonalidade de fretes (café, soja, farelo e trigo) e eventual localização temporal (variações cíclicas, sazonais e tendências), concluíram:

- A sazonalidade seria “*efeito da insuficiência da infra-estrutura e da oferta de serviços logísticos*”, pois “*o desequilíbrio momentâneo causado por um excesso de demanda*”

⁴⁴ “*O milho é um importante insumo para a pecuária, que também é pulverizada, em termos geográficos. Assim, os destinos também são muitos*” (CAIXETA-FILHO, 2001b, p. 145).

⁴⁵ Soares (2001) também observou que o preço do frete somente para “*alguns produtos caracterizou um comportamento tipicamente sazonal*” (p. 121).

de transporte, como reflexo de falta de estruturas de armazenagem suficientes (...), provoca elevação do frete, que perdura enquanto houver o interesse em comercializar a safra colhida imediatamente” (p. 26);

- Não é fácil, todavia, a comprovação estatística da ocorrência da sazonalidade⁴⁶, embora graficamente sejam verificáveis os picos de fretes em abril;
- Safra elevada e não esperada (*supersafra*) pressiona a demanda por transporte, pois, em função da reduzida capacidade de armazenagem, “*o excesso de produção tem que ser comercializado obrigatoriamente no momento da colheita*” (p. 22);
- Safras dentro das expectativas, “*porém com preços em ascensão (...) provocam retenção de produção*” e “*falta*” de armazéns (p. 22);
- Regiões com melhores estruturas de armazenamento, e/ou bem servidas por mais de um modal de transporte, pressionam menos o mercado de fretes nos períodos de safra, implicando menor sazonalidade nos preços praticados.

Deve-se atentar também para a época de chuvas na localidade da propriedade rural, pois em tais períodos as estradas de terra ficam, não raramente, intransitáveis. Caso se escoe o produto durante estações chuvosas, pode haver elevação dos custos de transporte e perdas significativas com caminhões encalhados, tombados e parados. Puzzi (2000) lembra que “*áreas agrícolas de alguns países em desenvolvimento só tem ligações com regiões de consumo durante a estação seca do ano e parte dos produtos valiosos perde-se por causa de chuvas inesperadas*” (p. 141).

Alternativa – Investimentos em equipamentos de transportes (caminhões): se investir em armazéns esperando obter retorno com fretes mais baixos é incerto, a alternativa de comprar caminhões pode ser menos atraente ainda, pois conforme observou Hijjar (2008, p.1), “*o cenário de elevada oferta, poucas exigências para operação e baixa fiscalização levou à redução da qualidade dos serviços prestados e depressiu os preços do frete por caminhão*”. Daí, com preços deprimidos, a atividade pode sequer remunerar seus custos: “*No caso do transporte de carga seca por veículos tipo truck e carreta graneleira/carga seca, o preço médio pago pelo frete no Brasil é mais baixo do que as tarifas referenciais teóricas calculadas. Este perfil de*

⁴⁶ Os autores entendem que “*desenvolver mecanismos de previsibilidade do frete para produtos do agronegócio*” é um “*desafio significativo*” com “*os dados disponíveis sobre frete, as oscilações na produção*” e as diferentes estratégias de comercialização utilizadas pelos embarcadores a cada ano (MARTINS *et al.*, 2005).

transporte geralmente possui forte presença de caminhoneiros autônomos⁴⁷, principalmente na movimentação de cargas por distâncias mais longas. O preço abaixo da tarifa referencial significa que a margem do transportador está reduzida e/ou que nem todos os custos do transporte estão sendo remunerados de forma adequada” (HIJJAR, 2008, p. 6).

Lima (2006) também apontou que *“a falta de regulamentação do setor propicia o crescimento desordenado e excessivo de players, levando as transportadoras a reduzirem suas tarifas (muitas vezes a valores inferiores ao seu preço de custo)”* (p. 1). Já Soares (2001) traçou o seguinte diagnóstico: *“Os valores que se têm disponíveis para eventuais análises são os fretes técnicos, calculados com base em uma estimativa dos custos variáveis e fixos. Esses valores, que já se tornaram próximos da realidade, tem-se distanciado bastante dos valores efetivamente praticados para o transporte de commodities agrícolas”* (p. 112). (...) *Por ser um mercado de fácil entrada (não exige caminhões específicos), há muitos concorrentes contribuindo para o valor insatisfatório do frete por meio da concessão indiscriminada de descontos⁴⁸* (p. 118). (...). *As empresas de transporte rodoviário de cargas estão sofrendo expressivo achatamento de sua lucratividade, sobretudo considerando o transporte de produtos de baixa especificidade, tais como grãos, açúcar ou farelo. Transportadoras bem estruturadas, que conhecem efetivamente seus custos, chegam a interromper as operações em função do baixo preço pago pelos demandantes. Aqueles que não tem esse domínio não necessariamente interrompem ou reavaliam suas atividades, mas correm o risco de sair do mercado no longo prazo”* (p. 121).

O transporte rodoviário informal e de baixa qualidade não faz concorrência somente para o transportador do mesmo modal, porém formalizado e estruturado. Os baixos preços ofertados pelos autônomos afetam até mesmo a competitividade do modal ferroviário, conforme indica a reportagem de Tomazela (2010), publicada no Jornal “O Estado de São Paulo”: *“Uma opção seria a ferrovia: a Ferronorte possui terminais de embarque em Alto Araguaia e Alto Taquari, no sul do Estado, mas produtores reclamam do preço: ‘O trem deveria ser uma solução, mas virou problema, pois o preço do frete está colado no do caminhão’”*.

⁴⁷ 85% dos transportadores rodoviários estavam registrados como autônomo, bem como 56% da frota de caminhões pertencia a essa categoria (LIMA, 2006).

⁴⁸ Carreiros autônomos que, não cobrindo seus custos operacionais (manutenção e depreciação do veículo por vezes sequer são consideradas na precificação), *“vendem seu o caminhão no frete”* (CAIXETA-FILHO, 2001a).

Em paralelo à queda da remuneração do transporte rodoviário, e como efeito desta, há queda na qualidade do serviço prestado⁴⁹. Dessa forma, a fim de se avaliar melhor a alternativa de investir em equipamento de transporte próprio (caminhão), seria desejável se estimar as perdas geradas pela baixa qualidade do serviço prestado⁵⁰, pois a garantia de qualidade no transporte, evitando perdas, poderia justificar economicamente o que, aparentemente, pode não ser.

Todavia, deve-se atentar para o seguinte fato: não tão raramente produtores descartam produtos agrícolas nas fazendas, colhidos ou ainda na lavoura, pois os custos (muitas vezes só o de transportar) são maiores do que o preço de venda⁵¹. Assim, cabe indagar se, mesmo em condições “normais”, aplicar volumosos recursos (frota própria) para evitar perdas do produto (cujo valor é “baixo” em relação ao serviço⁵² que se pretende melhorar com o investimento) não seria como “mandar fazer o terno porque se encontrou o botão”?

Nada obstante, outro aspecto a se considerar é a “carga de retorno”, existente ou potencial, uma vez que, na hipótese de se analisar o investimento em caminhões, os custos operacionais oscilam significativamente em função de sua existência ou não. Soares (2001) observou, inclusive, que o *“valor do frete praticado em trechos de muita movimentação é sensivelmente inferior ao praticado em corredores pouco utilizados”* (p. 117).

Ressalta-se, entretanto, que a carga de retorno *“só é interessante caso esteja disponível para o carregamento tão logo seja descarregada a carga principal. Se obter uma carga de retorno significar aguardar estacionado, pode ser preferível voltar com o veículo ‘batendo lata’ a assumir despesas de estacionamento e o custo de oportunidade do caminhão parado”* (SOARES, 2001, p. 114-115). Martins *et al.* (2005), no estudo acerca da sazonalidade de fretes,

⁴⁹ Muito embora a perda de qualidade nos serviços prestados na agroindústria pode não ser homogênea como um todo. Soares (2001), ilustrativamente, julgava haver maiores diferenças na estrutura do mercado de frete entre os grãos sólidos (açúcar, milho, soja e farelo de soja) e líquidos (suco de laranja e óleo de soja), sendo a primeira mais pulverizada e *“talvez”* menos profissional que a segunda.

⁵⁰ Como indicador da escala das perdas provocadas no transporte rodoviário, a reportagem de Tomazela (2010), publicada no “Jornal O Estado de São Paulo”, cita a estimativa: *“o produtor ainda arca com os cerca de 100 quilos de soja que se perdem no caminho de cada viagem”*, entre Rondonópolis (MT) e Santos (SP).

⁵¹ O que reforça a idéia de que o armazém pode ter uma função estratégica nas propriedades: quando o transporte dos grãos torna-se inviável economicamente, evita o descarte da safra e prejuízo total.

⁵² Serviços de transporte representam uma parcela *“extremamente significativa”* do preço final do produto (CAIXETA-FILHO, 2001a).

também reforçam o entendimento de que “a existência de possibilidade de carga de retorno faz com que diminua o preço do frete. Mas, o uso deste expediente somente é interessante caso a carga esteja disponível logo que a carga principal seja descarregada” (p. 6).

Conclui-se, então, que, dadas as características do transporte rodoviário no Brasil, o investimento em armazéns pode trazer, em diversos casos, bons retornos, desde que consideradas as peculiaridades da região e da comercialização do grão, tais como: perdas em função da baixa qualidade do transporte existente, situação das estradas em períodos chuvosos, infraestrutura de armazenagem local, sazonalidade de preços de fretes, destinação dos grãos, entre outras. Adicionalmente, na avaliação de investimentos, tanto em caminhões como em armazéns, deve-se averiguar a existência ou não de “carga de retorno”. No primeiro caso (caminhões), para aferir custos e receitas da operação, e no segundo, para examinar se é possível, por meio da estocagem dos grãos nas propriedades, compatibilizar o transporte dos grãos com a existência de carga de retorno⁵³, potencializando, assim, os ganhos com a sazonalidade do preço do frete.

2.8.3 – *Know-how*, Custos e Comercialização

Além das incertezas acerca das sazonalidades de preços e fretes, o produtor também deve atentar para os seguintes riscos a que está sujeito (PUZZI, 2000):

- a) **Know-how**: a escassez de técnicos qualificados em “práticas de conservação de grãos armazenados” (p. 166), dificulta a disseminação e manutenção do conhecimento (*know-how*) necessário para a armazenagem de longo prazo nas propriedades rurais;
- b) **Escala**: estocar onera o custo final do produto, porém nessa equação a escala tem grande papel, já que “armazéns de pequena capacidade (...) apresentam custo operacional elevado (...). Pois o pessoal fixo, necessário às operações de um armazém de pequena tonelage de armazenamento, é quase o mesmo daquele que se necessita para um armazém de maior capacidade” (p. 533).

⁵³ De viés mais intervencionista, mas também visando a compatibilização do escoamento de grãos com carga de retorno, há também a alternativa de “implantação de uma política agrícola que propicie a liberação das verbas de custeio da produção, já por ocasião de seu escoamento” (CAIXETA-FILHO, 2001a, p. 15).

- c) **Comercialização:** se não for possível a comercialização dos grãos, o empreendimento pode não ser viável, dado que a simples prestação de serviços de armazenagem “*não constitui atividade rentável, considerando, principalmente, o elevado investimento no setor*”. Acrescenta-se que políticas públicas podem agravar tal cenário, já que “*companhias estaduais e federais procuram fixar suas taxas de armazenamento e serviços em níveis que permitam apenas a manutenção dos custos operacionais, sem preocupações de lucros. As tarifas cobrem somente as despesas fixas e decorrentes da manutenção das unidades*” (p. 167). Por fim, o *know-how* de comercialização por parte do produtor rural também pode ser deficiente, pois são cooperativas, *tradings* e comerciantes “*que, normalmente, dispõem de melhores contatos e organização para as atividades de comercialização do que o administrador da fazenda.*” (p. 172).

2.8.4 – Perdas e Depreciação dos Grãos

A movimentação na unidade armazenadora pode gerar danos mecânicos aos grãos (perdas) tanto em função dos equipamentos de transportes (elevadores, correias transportadoras e roscas sem-fim) quanto de impactos nas paredes dos silos e armazéns. Adicionalmente, a armazenagem inadequada (temperatura, ataque de parasitas, entre outros), principalmente em função da falta de *know-how*, também provoca perdas de qualidade dos produtos estocados⁵⁴.

As perdas podem ser qualitativas ou quantitativas: “*as perdas de ordem qualitativa referem-se à depreciação do padrão de classificação em razão de fenômenos como infestação de fungos, ataque de insetos e ocorrência de danos mecânicos e, ou, térmicos. Quanto às perdas quantitativas, estas decorrem do: (i) derramamento de grãos nos pátios de manobras, túneis, pés de elevadores e interiores de secadores; (ii) descartes de grãos inteiros ou de suas partes durante a secagem e limpeza da massa de grãos; (iii) consumo por insetos, fungos, roedores e pássaros; (v) super-secagem na aeração, (vi) misturas indevidas de produto; (vii) combustão de grãos em incêndios em secadores; e (viii) respiração da massa de grãos*” (SILVA, 2009, p. 1).

⁵⁴ J. Mayer, pesquisador da Universidade de Harvard, citado por Puzzi (2000), afirma que “*a perda de colheitas, inadequadamente protegidas, pode elevar-se a 40%, em países quentes e úmidos*”.

As principais perdas na estocagem de grãos são descritas abaixo (SILVA, 2009, p. 1-6):

- Recepção: derivadas de erros cometidos na amostragem, pesagem e determinações dos teores de impurezas e de água, entre outros. Caso o grão seja indevidamente caracterizado, o controle de estoque e perdas estará comprometido;
- Moega: grãos que ficam retidos na moega podem oferecer condições favoráveis à proliferação de *“fungos intermediários, que podem consumir parte da massa de produto, como também contaminá-la”*;
- Pré-limpeza: grãos podem ser descartados como impurezas devido a *“erros na escolha das peneiras, na regulagem da velocidade de oscilação das caixas de peneiras e do sistema de aspiração”*;
- Silos pulmões: caso haja a guarda de produtos úmidos em silos pulmões que não são dotados de ventiladores, os grãos irão aquecer *“rapidamente em razão da maior taxa de respiração do produto e da atividade dos fungos intermediários”*;
- Secagem: onde ocorre a maior depreciação (danos mecânicos ou térmicos). Passando mais de uma vez pelo secador, os grãos quebrados e trincados podem triplicar;
- Limpeza: grãos quebrados são descartados como impurezas⁵⁵;
- Armazenagem: resultam de: (i) respiração da massa de grãos; (ii) super-secagem causada pela aeração (deixando seu teor abaixo do estabelecido para comercialização); (iii) infestação de pragas (insetos, fungos, roedores ou pássaros); e (iv) contaminação por agentes patológicos, *“insetos mortos ou partes, fezes e pelos de roedores, e fezes e penas de pássaros”*;
- Silo de expedição: perdas advindas de restos de produtos deixados nestes depósitos que podem deteriorar facilmente ou propiciar a mistura indesejável de grãos.

Santi *et al.* (2008, p. 14) sintetizam os efeitos de uma armazenagem deficiente: *“a deterioração dos grãos ocorre devido à alta umidade, alta temperatura e presença de pragas e de fungos toxigênicos nos grãos armazenados. Os problemas (contaminações) decorrentes da armazenagem inadequada de grãos são: pragas de grãos armazenados, presença de fragmentos*

⁵⁵ Os grãos trincados podem ser ensacados e armazenados separadamente, sendo reincorporados à massa de grãos no momento da expedição, conforme padrões de comercialização (impurezas, qualidade, etc.) ou, ainda, comercializados separadamente (SILVA, 2009).

de insetos em subprodutos alimentares, deterioração da massa de grãos, resíduos de agroquímicos e contaminação fúngica e presença de micotoxinas”. De Mori *et al.* (2007, p. 35) ilustram a ordem de grandeza dos prejuízos: *“Perdas quantitativas e qualitativas na fase pós-colheita (...) podem representar até 10% da produção de grãos”*.

Acrescenta-se que, caso estocados por longos períodos, o risco de perda de qualidade dos grãos é maior, ainda que bem armazenados, do que a guarda de curto prazo (PUZZI, 2000). Assim, considerando custos e riscos (*know-how*, comercialização e de depreciação no longo prazo), Puzzi (2000) foi taxativo: *“concluiu-se que, salvo em casos excepcionais, a armazenagem na fazenda, de grãos a serem comercializados, deve ser de curta duração”* (p. 174).

2.8.5 – Obsolescência das Instalações

No tocante a riscos na adoção de um sistema de armazenagem, deve-se considerar a possibilidade de mudança na vocação da propriedade, vindo a produção de grãos, armazenável em suas instalações, a ser substituída por outra que não utiliza tal estrutura disponível no local. Nessa hipótese, o sistema de armazéns se tornaria obsoleto (ao menos em parte, uma vez que equipamentos – secadores, motores, entre outros – poderiam ser desmontados e montados em outro local ou vendidos) e o investimento resultaria em prejuízos.

2.9 – Armazenagem na Propriedade Rural: Oportunidades e Benefícios

A estocagem de grãos não propicia ganhos econômicos diretos de forma líquida e certa⁵⁶, ou ainda, sem riscos (com a variação sazonal de preços, por exemplo). Além disso, o rápido escoamento dos produtos evita os impactos negativos gerados pela armazenagem.

⁵⁶ *“É comum encontrar justificativa para não haver investimentos na construção de armazéns em fazendas, sob alegação de que o custo inviabiliza a operação”* (Deckers, 2005, p. 15).

Entretanto, armazéns próprios podem ensejar outros ganhos, conforme relata Deckers (2006, p. 11): “*A migração dos investimentos em estruturas de armazenagem da zona urbana para as fazendas pode ser justificada pelos fatores relacionados à **redução das perdas**, diminuição dos custos com transporte e possibilidade de estender o prazo de comercialização (...). Nesse contexto é sempre importante ressaltar que a armazenagem em fazendas propicia **melhores condições de conservação, de comercialização, menores custos**, com consequentes reflexos na rentabilidade dos produtores rurais*” (grifos nossos).

Consoante o exposto, deve-se atentar para possíveis benefícios indiretos, pois eles podem justificar o investimento em armazéns. Tais benefícios, que podem ser obtidos com a armazenagem de grãos são apresentados a seguir.

2.9.1 – Redução de Perdas e Beneficiamento dos Grãos

Primeiramente, a armazenagem, uma vez bem planejada e executada, pode reduzir significativamente as sensíveis perdas que ocorrem quando do uso inadequado de instalações armazenadoras de grãos, ou mesmo decorrente de sua ausência, pela “*logística deficiente, ausência de segregação dos produtos agrícolas*” (SANTI *et al.*, 2008, p. 14).

Além da possibilidade de redução de perdas⁵⁷, o produtor que investir em sistema de armazenagem próprio pode obter lucro com o beneficiamento dos grãos (pré-limpeza, secagem, limpeza e classificação dos grãos). Nesse contexto, os ganhos são derivados da⁵⁸:

- Diminuição de perdas em função da autonomia maior no planejamento da colheita (evitando que ocorra sobresssecagem ou excesso de umidade nos grãos);
- Eliminação de taxas de limpeza e secagem;
- Eliminação de taxas de armazenagem (aluguel do espaço, aeração e expurgo);
- Aproveitamento total do produto (comercialização de grãos quebrados);

⁵⁷ Ressalva-se que, além das perdas na pós-colheita, há aquelas existentes na semeadura: má qualidade da semente, práticas, técnicas de cultivos inadequadas e ataques de insetos na lavoura (DE LUCIA e ASSENNATO, 1994).

⁵⁸ PUZZI (2000); WEBER (2005); CORRÊA (2006); SILVA (2009); PONTES *et al.* (2009) e COSTA (2010).

- Eliminação de descontos em função da classificação dos grãos⁵⁹;
- Capacidade de garantia de qualidade ou especificidade (grãos selecionados, sementes e transgênicos / não transgênicos);
- Eliminação dos gastos com sacaria⁶⁰ no caso de armazém graneleiro.

2.9.2 – Segregação de Grãos

Em situações específicas pode ser necessária, ou ser muito vantajosa, a armazenagem própria. Especificamente, a necessidade de alguns produtores, *traders* e agroindústrias, em segregar os grãos produzidos, o que ocorre quando (i) trata-se de produção e comercialização de sementes selecionadas; ou ainda, (ii) trata-se de produtos não geneticamente modificados para venda em mercados restritos aos OGM (Organismos Geneticamente Modificados).

Nos casos acima relacionados, a utilização de armazéns de terceiros pode contaminar os grãos e, portanto, são produtos que *“demandam silos (células) específicos, bem como dos grãos geneticamente modificados, cuja produção exige igualmente um sistema próprio de guarda”* (NOGUEIRA JR. e TSUNECHIRO, 2005a, p. 17).

No que se refere aos custos e ganhos proporcionados pela segregação, a reportagem de Costa (2010), publicada no Suplemento Agrícola do Jornal O Estado de São Paulo, aponta estudo do agrônomo e pesquisador José Maria da Silveira (UNICAMP) que indica que os custos adicionais seriam de 12,5% nas exportações de milho caso *“o comprador exija a separação do cereal entre transgênico e não transgênico”*. Na mesma reportagem, Ivan Paghi, diretor técnico da Associação Brasileira de Produtores de Grãos Não Geneticamente Modificados (Abrange), indica que prêmios de até R\$ 2,00 por saca de produto não transgênico (milho e soja) pagariam, no seu entender, os custos extras de segregação.

⁵⁹ Ilustrativamente, na reportagem de Corrêa (2006), publicada na Revista Exame, temos o depoimento do produtor Fábio Aidar: *“Com armazéns próprios, não tem briga com o comprador por causa da classificação do produto. Também dá para tirar a umidade e padronizar, além de ganhar no transporte”*.

⁶⁰ Sacarias devem ser continuamente substituídas (MESQUITA *et al.*, 2007).

Desta forma, a armazenagem própria pode ser uma alternativa menos custosa em relação à manutenção de cargas segregadas em silos ou células específicas em armazéns de terceiros, tendo em vista os custos relativos ao controle, limpeza dos silos, certificações, garantia de espaço e contaminações eventuais que nesta última alternativa ocorrem.

2.9.3 – Versatilidade

Também se pode classificar como oportunidade a capacidade alguns tipos de silos em receber mais de um tipo de produto⁶¹. Por exemplo, há estruturas direcionadas às propriedades rurais que são capazes de armazenar soja, milho e trigo (KEPLER-WEBER, 2010).

Donley (2009) relata a implantação de um sistema de armazenagem no Uruguai cujo projeto prevê as operações de limpeza, secagem e estocagem de milho, trigo, cevada, sorgo e soja. Outro projeto, na Nova Zelândia, é voltado à estocagem de trigo, cevada e sorgo. Já milho, trigo e cevada são os grãos estocados nos silos instalados em Liski (Rússia), enquanto que no Porto de Constanza, na Romênia, o sistema construído pela “*United Shipping Agency*” manipula trigo, cevada, semente de girassol, semente de colza e milho.

Assim, há sistemas de armazenagem, e configurações de silos, que permitem ao produtor maior flexibilidade na definição do “*mix*” de grãos a se cultivar, uma vez que, mesmo variando a produção, pode utilizar seus armazéns sem o risco desses se tornarem ociosos ou obsoletos.

2.9.4 – Venda Direta

Outra possibilidade que a armazenagem própria permite, com mais autonomia do que em armazéns de terceiros, é a venda direta para consumidores finais ou, ao menos, consumidores

⁶¹ Aqui se trata de armazéns do tipo graneleiro. Ressalta-se que armazéns convencionais, por manterem produtos ensacados e empilhados, podem ser utilizados para estocar uma gama bem maior de produtos.

mais adiante na cadeia produtiva da agroindústria⁶². O benefício óbvio em tal situação é eliminar um intermediário e o custo correspondente, que engloba margens líquidas e possíveis impostos adicionais na etapa de comercialização suprimida.

Segundo Tsunechiro (2005, p. 43), *“os limites de variação dos preços de milho nos mercados brasileiros mais próximos aos portos passaram a ser as paridades de exportação (“piso”) e de importação (“teto”). Em localidades mais distantes, como o Mato Grosso, estes parâmetros não servem, valendo as condições de oferta e demanda do mercado interno. Tornam-se importantes, nesse caso, as condições de infraestrutura de comercialização, como a capacidade local de armazenagem e a oferta de meios de transporte de cargas”*. Portanto, para o milho, em regiões mais distantes dos portos, o armazenamento próprio com o propósito de venda direta pode ser uma alternativa lucrativa.

Ainda assim, a estratégia de comercialização direta pode ser restrita, pois, segundo Puzi (2000, p. 173), *“as transferências diretas do produto a granel, das unidades da fazenda para os mercados terminais, tendem a ter pequena significância”*. Dessa forma, a venda direta deve ser avaliada conforme as particularidades do contexto decisório considerado (localidade, mercado e condições de armazenagem locais, grão produzido e condições de escoamento, entre outras).

2.9.5 – Prestação de Serviços de Armazenagem

Na avaliação de investimentos em armazém próprio, o produtor deve considerar a possibilidade de prestação de serviços a terceiros, principalmente em projeto cujo principal objetivo seja a estocagem por curtos períodos, o que levaria à ociosidade em boa parte do tempo.

⁶² Em reportagem de Corrêa (2006), publicada na Revista Exame, fica clara a maior liberdade de comercialização proporcionada pelo armazém próprio em relação ao de terceiros: *“o produtor Alcides Carlos Pereira Alves (...) utiliza o armazém de uma cooperativa próxima à fazenda. Diferentemente da maioria dos agricultores que usam silos de terceiros, ele pode vender a safra a quem quiser -- o mais comum é que o produtor seja obrigado a negociar a produção com a empresa dona do armazém”*.

Para tanto, alternativas de investimentos em armazéns coletivos ou próprios, porém fora da propriedade, devem ser estudadas. No caso de implantação na propriedade rural, os serviços de armazenagem a terceiros são prejudicados pela logística de transporte, porém sua consideração não deve ser, *a priori*, descartada.

2.9.6 – Descongestionamento em Portos

Nos períodos da safra, dado o perfil da comercialização da soja (exportadora, com sua colheita no período de entressafra de grandes produtores mundiais), há saturação nos terminais portuários do país. Como exemplo da dimensão dos congestionamentos gerados, em Paranaguá (PR), no primeiro semestre de 2004 (escoamento da safra), *“a fila de caminhões que se formou no porto para descarregamento chegou a mais de 120 km e o tempo de espera de navios foi excessivo, chegando ao ponto de um navio aguardar até 60 dias no porto”* (HIJJAR, 2004, p. 5).

Em pesquisa realizada sobre o acesso rodoviário e ferroviário de contêineres aos portos (CEL/Coppead-2005), os congestionamentos figuraram como o principal problema, pois foram considerados críticos em 60% dos terminais (HIJJAR & ALEXIM, 2006). Nesse tocante, um estudo da multinacional Bunge dá a grandeza das perdas decorrentes de atrasos nas operações: em 2004, havia a previsão de que as empresas que escoariam grãos para o exterior iriam pagar *“US\$ 1,2 bilhões de multa⁶³ por espera de navios nos portos brasileiros”* (HIJJAR, 2004, p. 6).

Destarte, uma maior taxa de armazenagem nas propriedades rurais poderia contribuir para a diminuição dos congestionamentos nos portos. No entanto, tendo em vista o ciclo de comercialização do principal grão exportado (soja), é questionável a magnitude dos efeitos de descongestionamento que os armazéns poderiam promover, pois estes poderiam se limitar a suavizar o pico de escoamento da safra – de forma mais ou menos acentuada conforme o quão atrativo estiver o mercado internacional no momento da colheita. Logo, é possível que armazéns junto aos portos gerem resultados mais efetivos de diminuição dos congestionamentos.

⁶³ *“Demurrage”*, ou custo de sobre-estadia, *“é pago pelas empresas quando há atrasos no embarque ou desembarque nos portos”* (HIJJAR, 2004).

Acrescenta-se que o sistema portuário apresenta ineficiências como um todo, sendo o congestionamento no acesso terrestre ao porto somente uma delas (PONTES *et al.*, 2009). Hijjar (2004), inclusive, atribui os congestionamentos, ao menos em parte, a outras 3 deficiências presentes nos portos: problemas de calado, falta de dragagem e constantes greves. Assim, embora armazéns nas propriedades rurais possam mitigar os congestionamentos nos portos, deve-se examinar opções de investimentos que eliminem deficiências e ineficiências nos portos: equipamentos de transbordo modernos, *lay-out* dos terminais portuários, cobertura nas áreas de embarque⁶⁴, construção de estacionamentos e unidades terminais, aumento de calado e melhorias gerais nas condições de operação, entre elas, dragagem e condições de acesso.

2.9.7 – Estabilidade de Preços e Garantia de Abastecimento

O desequilíbrio entre oferta e demanda, tanto no período da colheita quanto na entressafra, causa volatilidade nos preços dos grãos que implica dificuldades na comercialização pelos produtores e no planejamento das compras pelo lado dos consumidores. Logo, investimentos em armazenagem podem contribuir tanto para a estabilidade dos preços quanto para garantir o abastecimento, pois *“armazenamento insuficiente ou inadequado provoca, regra geral, uma fraca capacidade de atendimento à demanda dos centros de consumo, bem como um fluxo irregular de suprimento, que gera fortes distorções no processo de comercialização”* (PUZZI, 2000, p. 159). Dessa forma, a rede armazenadora, *“é um dos principais fatores para estabilizar preços, além de garantir um abastecimento normal”* (p. 155).

2.9.8 – Desenvolvimento Econômico: Empregos, Renda e Arrecadação

A armazenagem nas propriedades rurais gera os seguintes impactos sociais relevantes: *“a geração de empregos no campo e redução do êxodo rural”* (DECKERS, 2006, p. 11). Silva

⁶⁴ *“A inexistência de cobertura nos portos também é entrave épocas de chuva”*, pois se chover, o embarque de grãos não ocorre (AGÊNCIA SAFRAS, 2004).

(2005c, p. 2) também assinala que unidades armazenadoras promovem “*impactos ambientais positivos, tais como: geração de impostos, agregação de valor à produção e ampliação da arrecadação de impostos em favor do município*”. Assim, caso os grãos exportados imediatamente após a colheita sejam estocados para comercialização escalonada, empregos e impostos adicionais poderiam ser gerados em comparação à exportação consecutiva à produção.

2.10 – Impactos Negativos Gerados pela Armazenagem de Grãos

Para o funcionamento de uma Unidade Armazenadora, múltiplos recursos são empregados: (i) capital; (ii) recursos humanos; (iii) energia elétrica; (iv) energia calorífica (lenha, gás natural ou GLP); (v) água; (vi) recursos de comunicação; (vii) defensivos para controle de roedores, insetos e pássaros; e (viii) ar ambiente (SILVA, 2005c). Nesse contexto, Silva (2005c) explica que “*os impactos ambientais associados à operação de unidades armazenadoras comerciais brasileiras são: (a) diretos e indiretos, (b) positivos e negativos, (c) cíclicos – pois a maioria deles ocorre nas épocas de colheita, (d) locais, (e) de longo prazo – pois a vida útil deste tipo de empreendimento é de 30 anos e (f) reversíveis*” (p. 3).

Destarte, na avaliação de um sistema de armazenagem, além dos ganhos proporcionados e seus riscos, devem-se avaliar os efeitos negativos gerados pela atividade. Logo, o escoamento imediatamente após a colheita, a armazenagem por curtos períodos (“fuga do pico”) e a estocagem por temporadas mais longas são alternativas (estratégias comerciais) que devem ser confrontadas, considerando impactos que são, ou não, gerados. Os principais impactos negativos gerados na instalação e operação de unidades armazenadoras são apresentados a seguir.

2.10.1 – Odores, Ruídos e Material Particulado

O ar ambiente é empregado na armazenagem para a limpeza, secagem, aeração e resfriamento dos grãos. Na limpeza, o ar é utilizado com o objetivo de retirar as impurezas,

enquanto que a aeração tem por objetivo uniformizar a temperatura e retirar odores da massa de grãos. Assim, em função de tais usos, o ar pode ser contaminado por odores indesejáveis e materiais particulados, o que constituem impactos ambientais negativos. Adicionalmente, há a produção de ruídos (derivada, principalmente, do funcionamento dos elevadores) como outro efeito nocivo do armazenamento de grãos⁶⁵ (SILVA, 2005c).

2.10.2 – Consumo de Combustíveis Fósseis

Armazéns necessitam de energia calorífica, que é obtida a partir de combustíveis de origem fóssil, entre eles, lenha. Dessa forma, há o efeito negativo da emissão de poluentes (CO₂) e também, no caso de uso da lenha, um possível incentivo ao desmatamento (SILVA, 2005c).

2.10.3 – Proliferação de Roedores, Insetos, Fungos e Bactérias

Tendo em vista o objeto de armazenamento, a proliferação de roedores, insetos, fungos e bactérias é natural, tanto na massa de grãos (dentro do silo ou armazém) quanto em locais próximos à unidade armazenadora (SILVA, 2005c e SILVA, 2003). Tais pragas possuem alta capacidade de reprodução e *“uma pequena infestação pode danificar, em poucos meses, grande quantidade de grãos armazenados”* (PUZZI, 2000, p. 313).

O tratamento contra fungos, bactérias, insetos e outros microorganismos presentes na massa de grãos é conhecido como expurgo e consiste na aplicação de produtos químicos dentro dos silos e armazéns. Ademais, o impacto negativo não se resume ao aumento de organismos indesejáveis, pois, em função destes, há uso de inseticidas e outros agentes repelentes, o que pode gerar problemas ambientais caso manuseados de forma incorreta (SILVA, 2005a).

⁶⁵ Ressalta-se, todavia, que equipamentos que reduzam emissão de material particulado e poluição sonora vêm sendo requisitados aos fabricantes pelos armazenadores (DONLEY, 2009).

2.10.4 – Afogamento e Sufocamento

Na avaliação de efeitos negativos da armazenagem, deve-se atentar também para o risco de afogamento e sufocamento, que *“são acidentes que ocorrem em unidades armazenadoras de grãos em consequência da asfixia mecânica aplicada às vítimas tomadas pela massa de grãos. Se a vítima é arrastada ocorre afogamento, se encoberta sufocamento”*. Tais problemas podem acontecer nas seguintes situações: *(i)* em função da deterioração dos grãos armazenados, causada por fungos, bactérias e insetos, *“surtem pequenos aglomerados que podem formar placas horizontais ou verticais. Estas placas são estruturas instáveis que podem entrar em colapso a qualquer momento. Ocorrendo isto, surge uma avalanche de produto que pode arrastar ou encobrir pessoas”*; e *(ii)* no carregamento ou descarregamento de silos, silos de expedição, silos-pulmões, graneleiros e moegas (SILVA, 2003, p. 1).

2.10.5 – Gases Tóxicos

Devido ao emprego, e mesmo à **geração**, de agentes químicos, intoxicações podem ocorrer em unidades armazenadoras. Tal impacto negativo deve ser monitorado e controlado, sendo que os principais gases tóxicos encontrados em sistemas armazenadores são: monóxido de carbono (CO); gás carbônico (CO₂); dióxido de Nitrogênio (NO₂); metano (CH₄); sulfeto de hidrogênio (H₂S); fosfeto de hidrogênio ou fosfina (PH₃) (SILVA, 2004b).

2.10.6 – Explosão e Incêndios em Unidades Armazenadoras

O material explosivo consiste na mistura de “ar atmosférico”, comburente, e “partículas sólidas em suspensão” (impurezas e/ou esfacelamento dos grãos), combustíveis. A detonação se inicia quando se atinge a temperatura do ponto de detonação e há uma fonte de ignição (cargas eletrostáticas, curtos circuitos, descargas atmosféricas, atrito de componentes metálicos e

descuidos no uso de aparelhos de soldagem) (SILVA, 1999). O fenômeno tem, segundo Silva (1999, p. 1), a seguinte dinâmica: *“processada a detonação em um dado ponto, a energia calorífica dissipada será utilizada na detonação de um outro ponto. Isto estabelecerá uma série de detonações, enquanto houver condições favoráveis que são estabelecidas pela existência dos agentes comburentes e combustíveis e a ocorrência da temperatura do ponto de detonação. Deste modo, tem-se que o processo de detonação é rápido”*.

Adicionalmente, deve-se considerar o risco de incêndio, uma vez que o grão constitui material inflamável. Tal risco é mais elevado em armazéns convencionais, pois há maior material comburentes (ar) em contato com os produtos, e estes são acondicionados em sacarias, também inflamáveis (PUZZI, 2000). Outra causa de incêndios é o bloqueio do fluxo de produto no secador devido, principalmente, às impurezas (SILVA, 2005c).

2.11 – Considerações Sobre a Evolução e Expansão da Capacidade de Armazenagem

Tendo em vista os riscos do armazenamento de grãos e as características da produção nacional, a expansão da capacidade estática de armazenagem pode ser (e também pode ter sido ao longo do tempo) limitada pelos seguintes fatores:

- Época preferencial de venda de soja no mercado internacional;
- Alta taxa de juros;
- Crédito de prazos curtos e baixo financiamento da comercialização dos grãos;
- Incertezas nos ganhos pela variação sazonal de preços agrícolas;
- Fretes rodoviários, ocasionalmente, depreciados em relação aos seus custos;
- Aversão a riscos: perda de qualidade, oscilações de preços, entre outros;
- Baixo *know-how* de operação de armazéns e comercialização de safras; e
- *“Falta de conhecimento sobre as vantagens do sistema de processamento na fazenda, aliada às dificuldades de acesso aos recursos financeiros necessários para tal investimento”* (DECKERS, 2005, p. 15).

3 – Problemas de Decisão e Auxílio Multicritério à Decisão

3.1 – Problemas de Decisão

Decisões são tomadas continuamente no dia a dia, sejam elas profissionais, pessoais, fáceis, difíceis, triviais ou não. Na definição de Costa (1996): *“a decisão é, portanto, uma atividade que engloba múltiplas dimensões, perspectivas e objetivos, e para que se chegue a decidir sobre algo é preciso fazer um balanceamento de todos esses fatores, os quais tem-se em mente, mesmo que de forma desorganizada ou implícita”* (p. 4).

Eden *et al.* (1983, *apud* Ensslin *et al.*, 2001) apresentam a seguinte definição de problema de decisão: *“um problema caracteriza-se como uma situação onde o decisor deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é e não está muito seguro de como obtê-la”* (p. 75). Ressalta-se que, neste contexto, é chamado de **“decisor”** aquele *“a quem foi formalmente ou moralmente delegado o poder de decisão”* (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 18).

A tomada de decisões é, para Hammond *et al.* (2004), *“a principal ferramenta utilizada para lidar com as oportunidades, os desafios e as incertezas da nossa existência”* (p. 17), embora, por vezes, sejam tomadas *“inconscientemente”*. Os autores também alertam que *“a maior parte das decisões importantes que enfrentamos na vida apresenta dificuldades, é complexa e não aponta soluções fáceis ou óbvias”* (p. 18). Sobre as decisões difíceis, sentenciam: *“esse tipo de decisões envolve altos riscos e graves consequências, implica numerosas e complexas considerações e nos expõe ao julgamento dos outros”* (p. 18).

Nesse contexto, situações complexas podem ser descritas como aquelas que apresentam incertezas; conflitos de interesses ou objetivos; existência de diversos grupos com poder decisório ou com influência sobre ele; existência de diversos critérios a serem atingidos ou avaliados nas alternativas; levantamento e processamento de uma quantidade significativa de informações qualitativas e quantitativas (por vezes, ainda insuficientes) e necessidade de soluções originais e sofisticadas.

Em resumo, **Problemas de Decisão** são aqueles relativos a **situações complexas**, encerrando “*altos riscos e graves consequências*” na seleção de uma ação (ou um conjunto delas) dentre diversas alternativas cujas comparações entre si implicam “*numerosas e complexas considerações*” (em função da heterogeneidade das propostas, grande quantidade de variáveis que influenciam ou caracterizam cada alternativa, desconhecimento dos efeitos gerados, inexistência de escolha “óbvia”, etc.).

3.2 – Auxílio Multicritério à Decisão

Rogers e Blenko (2008) lembram que “*cada êxito, cada infortúnio, cada oportunidade aproveitada ou perdida é resultado de uma decisão que alguém tomou – ou deixou de tomar*” (p. 2). Assim, ao longo do tempo, diversas metodologias foram e são criadas visando o aprimoramento do processo de decisão, de forma a refinar os métodos de comparação de alternativas e, conseqüentemente, auxiliar na seleção da melhor solução disponível.

Adicionalmente, Hammond *et al.* (2008) relacionam as “*más decisões*”, “*em muitos casos (...) com a maneira como foram tomadas – as alternativas não foram definidas claramente, as informações corretas não foram coletadas, os custos e benefícios não foram avaliados com precisão*” (p. 165).

A abordagem monocritério tem sido a mais utilizada para auxiliar a tomada de decisão. Tal abordagem baseia-se em um único critério (em geral, uma medida quantitativa de eficiência econômica) como, por exemplo, as relações Retorno/Risco e Benefício/Custo que são usualmente adotadas. Também são empregados modelos matemáticos de otimização para encontrar a “*solução ótima*”: a alternativa que otimiza uma determinada função (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Com origem no início da década de 1940, entre os Aliados na Segunda Grande Guerra, a Pesquisa Operacional surgiu a partir da necessidade de “*subsídios técnicos para as tomadas de decisão que envolvessem a distribuição ‘ótima’ de tropas entre as diferentes frentes de batalhas*” (CAIXETA-FILHO, 2004, p. 10) e consistiu no desenvolvimento de técnica de programa linear

para solução de um sistema de equações lineares que representassem as relações e restrições (modelo matemático) do sistema a ser otimizado. Em 1947, liderada pelo norte-americano George B. Dantzig, uma equipe de cientistas concluiu o desenvolvimento da técnica de programa linear denominada *Método Simplex*, algoritmo que vem, desde então, sendo o mais utilizado em *softwares* e citado na literatura técnica (CAIXETA-FILHO, 2004).

Tais modelagens se enquadram no paradigma **racionalista**, onde “*os modelos buscam descrever de forma mais aproximada possível ‘a realidade’ (o contexto decisório), visando resolver ‘o problema real’*” e, portanto, nessa abordagem, os modelos descrevem “*um problema que independe das pessoas que estão decidindo*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 26).

Todavia, “*um problema é uma construção que um sujeito faz a partir de eventos, mas sempre de forma pessoal (...). A natureza subjetiva dos problemas provém da construção que a pessoa faz a partir de um quadro mental de crenças pessoais, atitudes, hipóteses, pré-julgamentos, expectativas, objetivos e valores*” (COSTA, 1996, p. 12). Keeney e Raiffa (1993) entendem que para problemas complexos não é possível estabelecer objetivos sem considerar “*valores subjetivos e tradeoffs*”. A tais elementos subjetivos e pessoais, intrínsecos ao “problema”, somam-se as dificuldades de se avaliar e aquilatar as alternativas existentes.

Sob tal perspectiva, há a necessidade de se analisar alternativas e compará-las, ou ainda, “*ordená-las decrescentemente em função de suas preferências globais*”. Levando em conta tais contextos mais sofisticados e/ou complexos, um caminho possível é “*descrever as ações e caracterizar suas múltiplas consequências para poder avaliá-las mais facilmente em termos de comparação relativa dos seus méritos e desvantagens*” (COSTA, 1996, p. 4).

Galves e Bouyssou (2005), por sua vez, argumentam que “*problemas multidimensionais necessitam ser tratados por abordagem de múltiplos critérios*” (p. 2).

Assim, métodos de avaliação multicritério, onde se procura considerar não só múltiplas variáveis de naturezas distintas (quantitativas ou qualitativas, discretas ou contínuas, etc.), mas também aspectos subjetivos dos decisores, vêm sendo cada vez mais adotados no apoio à tomada de decisão. Em especial, nas situações cujo contexto decisório envolva diversos atores e

decisores, múltiplos interesses e objetivos, conflitantes inclusive, e diversas alternativas em pauta, cujos desempenhos nem sempre são de fácil mensuração, ou comparação entre si, e que, frequentemente, são mutuamente exclusivas ou mesmo representam estratégias antagônicas⁶⁶.

Ressalta-se que, enquanto as metodologias de caráter **racionalista** são voltadas para a **tomada** de decisão, o auxílio à decisão se caracteriza como uma abordagem **construtivista** e constitui “*um processo, e não meramente um momento de escolha de uma alternativa*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 27). Portanto, sua finalidade é a de **gerar conhecimento**, servindo “*como base para que os decisores compreendam a repercussão que as ações exercem sobre seus valores e, além disso, permitem identificar oportunidades de aperfeiçoamento*” (ENSSLIN *et al.* 2001, p. 31). A Tabela 3.1 resume as diferenças dos paradigmas racionalista e construtivista.

	Paradigma Racionalista	Paradigma Construtivista
<i>Tomada de decisão</i>	Momento em que ocorre a escolha da solução ótima	Processo ao longo do tempo envolvendo interação entre os atores
<i>Decisor</i>	Totalmente racional	Dotado de sistema de valores próprio
<i>Problema a ser resolvido</i>	Problema real	Problema construído (cada decisor constrói seu próprio problema)
<i>Os modelos</i>	Representam a realidade objetiva	São ferramentas aceitas pelos decisores como Apoio à Decisão
<i>Os Resultados dos Modelos</i>	Soluções ótimas	Recomendações que visam atender aos valores dos decisores
<i>O Objetivo da modelagem</i>	Encontrar a solução ótima	Gerar conhecimento aos decisores sobre seu problema
<i>A validade do modelo</i>	Modelo é válido quando representa a realidade objetivamente	Modelo é valido quando serve como ferramenta de Apoio à Decisão
<i>Preferência dos decisores</i>	São extraídas pelo analista	São construídas com o facilitador

⁶⁶ Como exemplo, os problemas de transporte nas metrópoles, onde obras de engenharia (viadutos, túneis, metrô, etc.) são consideradas soluções por muitos, enquanto outras parcelas da sociedade advogam ações de reorganização urbana (associar moradia e local de trabalho, transferir produção para o interior, etc) ou mudanças de hábitos, tal como incentivar viagens à pé (VIOLATO *et al.*, 2011).

Forma de atuação	Tomada de decisão	Apoio à decisão
-------------------------	-------------------	-----------------

Tabela 3.1 – Características dos paradigmas racionalista e construtivista

Fonte: Ensslin *et al.* (2001).

O auxílio multicritério à decisão busca, então, agrupar, na mesma análise, diversos aspectos, **inclusive aqueles subjetivos**, que concernem a um contexto decisório complexo, onde há diversos atores, decisores, alternativas (por vezes, excludentes entre si e de naturezas distintas), interesses, objetivos e metas: quantitativas e qualitativas. Daí, seu foco é contribuir tanto com o entendimento sobre o problema a ser resolvido e seu contexto, quanto na construção de soluções viáveis. No papel de **auxílio** à tomada de decisão, Costa (1996) lembra que “*o objetivo das metodologias multicritérios de apoio à decisão é fazer recomendações de ações que seriam soluções adequadas à situação problemática em questão, não significando que necessariamente a solução a ser escolhida seja aquela que obtenha a maior pontuação. Esta escolha cabe exclusivamente ao decisor, que neste ponto do processo deve ter claro todo o problema, sendo a escolha, função do seu entendimento*” (p. 67).

Nesse contexto, pode-se dividir o processo de Auxílio Multicritério à Decisão em etapas, conforme proposto por Ensslin *et al.* (2000) e ilustrado na Figura 3.1.

1) Fase de estruturação

- Construção de Mapas Cognitivos
- Definição da Família de Pontos de Vista
- Construção de Descritores

2) Fase de valoração

- Construção do modelo
 - ✓ *Construção de Funções de Valor para cada Descritor (Atributo)*
 - ✓ *Identificação das Taxas de Compensação (Taxas de Substituição)*
- Identificação do perfil de impacto das alternativas
- Análise dos Resultados

3) Fase de recomendação

- Efetivação das recomendações

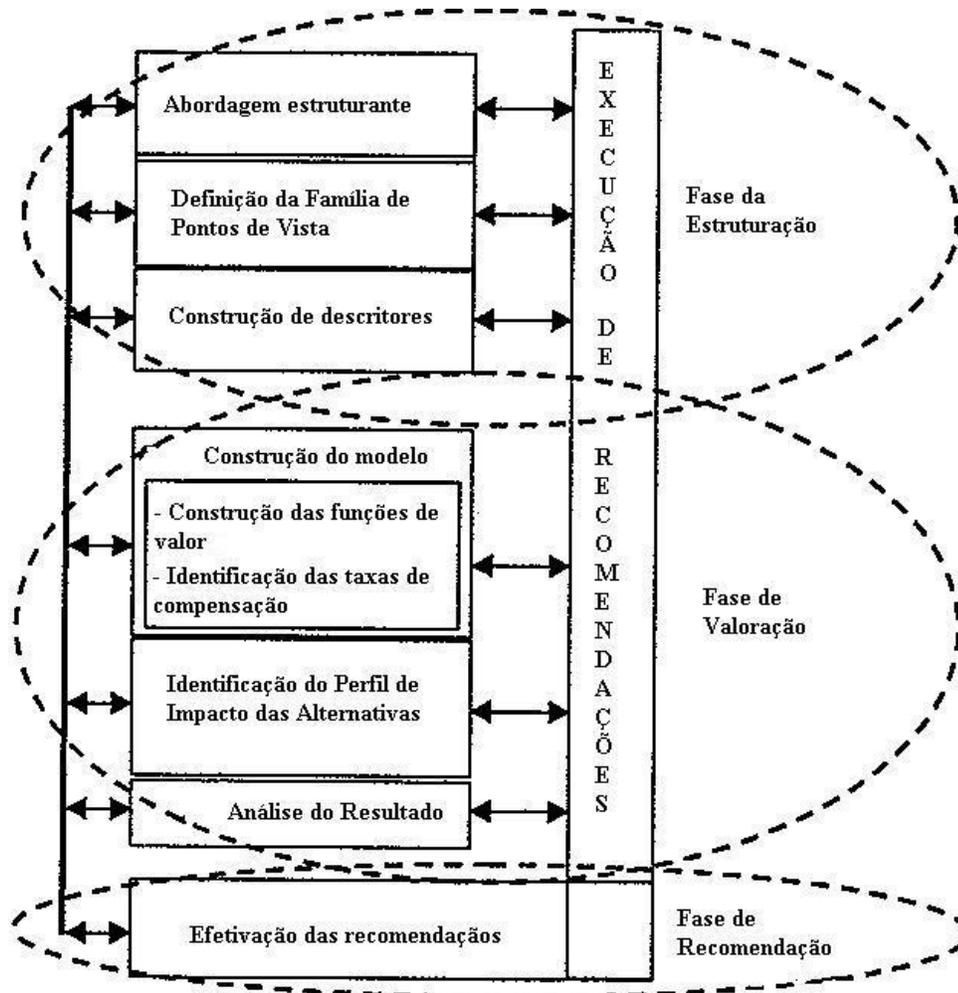


Figura 3.1 – Fases do Auxílio Multicritério à Decisão

Fonte: Ensslin *et al.* (2000) - adaptado

Destaca-se que a sistematização e classificação das fases do Auxílio Multicritério à Decisão não são rígidas. Como exemplo, pode-se citar Costa (1996), que delimita, basicamente, **duas etapas distintas**: a fase de definição e estruturação do problema e a fase de avaliação de alternativas e seleção da solução a ser adotada.

Já Galves (2005) inclui na “Fase de Estruturação” as seguintes atividades: identificação do problema de decisão; caracterização do contexto decisório; definição de objetivos e atributos; construção de alternativas e estabelecimento dos níveis de impacto dos atributos. Muito embora o proposto por Galves (2005) esteja em linha com outros autores, como Ensslin *et al.* (2000), a

própria autora reconhece que se trata de uma “*questão difícil*” definir onde acaba a fase de estruturação e começa a de valoração, uma vez que são “*fases interativas*” do processo de análise, bem como lembra que pesquisadores interpretam de formas distintas o termo “estruturação”.

Enfim, conclui-se que o primeiro passo para se abordar um problema de decisão é justamente a reflexão sobre ele, de modo a captar informações ainda não percebidas e compreender, a partir de outras perspectivas, a problemática em tela e seu contexto decisório: atores e decisores; objetivos, necessidades, interesses e restrições que envolvem tal decisão e alternativas existentes e suas consequências.

3.3 – Estruturação do Problema de Decisão

“*Solucionar um problema envolve todo um processo prévio de definição e estudo de determinada situação considerada complexa, ou seja, com múltiplos objetivos, critérios e soluções*” – grifo nosso (COSTA, 1996, p. 4-5). Caixeta-Filho (2001c), com outras palavras, também professa a mesma compreensão: “*a capacidade de entendimento e interpretação do problema a ser resolvido é de fundamental importância para o êxito da aplicação a ser desenvolvida*” (p. 13-14).

Já Hammond *et al.* (2004) apontam um viés mais subjetivo no processo de decisão⁶⁷: “*a maneira como se formula o problema orienta a decisão. É ela que determina as alternativas a serem consideradas e a forma como serão avaliadas*” (p. 30). Ensslin *et al.* (2001) também ressaltam o aspecto subjetivo na tomada de decisão, pois cada decisor “*percebe e interpreta de forma diferente o contexto decisório*” (p. 23).

Destarte, coerentes a tais assertivas, os autores conferem ampla importância à etapa de estruturação do problema de decisão em contextos decisórios “complexos”; qual seja o estudo, a

⁶⁷ Costa (1996) também inclui o fator “pessoal” dos decisores na compreensão do problema e respectiva solução: “*o caráter objetivo de uma decisão é permeado pela subjetividade da natureza humana*” (p. 14).

compreensão, a descrição e caracterização da situação que se deseja alterar, considerando aí o maior número de “pontos de vistas” possíveis.

Nesse ponto se faz necessário diferenciar duas possíveis abordagens aos problemas de decisão: aquela “focada nas alternativas” e a “focada nos valores”. Na primeira, as alternativas são identificadas em uma etapa inicial do processo de decisão e, portanto, seu foco é fazer a melhor escolha dentre elas. Já a segunda tem como prioridade extrair e consolidar os valores dos decisores para, a partir daí, construir alternativas (BELTON *et al.*, 1997).

Muito embora o “foco nas alternativas” seja recorrente, a deficiência no processo de compreensão do problema de decisão e seu contexto, em especial os valores e os interesses dos decisores, tem seu roteiro traçado nas palavras de Costa (1996): *“muitas vezes o apoio à decisão inicia com a suposição de que o problema já foi reconhecido e definido e que o objetivo da análise é indicar a estratégia ótima considerando-se o critério de escolha selecionado. Tal suposição pode conduzir a resolução do problema errôneo, visto que no início do processo de apoio à decisão geralmente os atores não têm claros seus objetivos e/ou existem diversas diferentes percepções do problema”*⁶⁸ – grifos nossos (p. 25).

Assim, alertam Hammond *et al.* (2004): *“uma decisão razoável para um problema bem definido é bem melhor do que uma solução excelente para o problema errado”* (p. 31). Morgan (2007), por sua vez, enumera os seguintes fatores que levam à má decisão: excesso de confiança em intuição e emoções; subestimação de riscos e “pressa” na tomada de decisão.

Nesse contexto, Gary (2007) entende que *“definir ou situar o problema talvez seja o passo mais importante”* na tomada de decisão (p. 21). Destarte, pensar sobre a questão a ser decidida não é somente recomendável, mas também necessária e fundamental, uma vez que permite: *(i)* enxergar a situação a qual se quer alterar (problema de decisão) sob outras perspectivas; *(ii)* descobrir e/ou agregar novas informações; *(iii)* criar alternativas; e *(iv)* entender o contexto no qual o problema se encaixa e como se relacionam, ou seja, o que impacta e o que é impactado pelas soluções possíveis.

⁶⁸ Hammond *et al.* (2004) advogam, inclusive, que se deve repensar sobre problema de forma contínua, pois *“a definição da situação problemática pode ir se modificando à medida que você prossegue”* (p. 214).

Outra função da estruturação do problema de decisão, conforme apontam Galves e Bouyssou (2005, p. 10) é “*facilitar o aprendizado e o entendimento dos atores*” acerca da situação de decisão considerada, além de contribuir para: “*aperfeiçoar a comunicação e facilitar a negociação entre atores; promover a integração de aspectos técnicos, econômicos e ambientais nos processos de tomada de decisão; criar alternativas significativas pela consideração dos aspectos relevantes da situação de decisão e seu contexto e preparar a avaliação das alternativas baseada no conjunto de objetivos e atributos correspondentes*” (p. 16).

Nada obstante, embora a estruturação do problema de decisão venha a ser etapa de vital importância na tomada de decisão, a definição de tal processo, ainda que entendida de forma assemelhada, não é consensual entre pesquisadores.

Henig e Buchaman (1996), por exemplo, descrevem a estruturação como um processo composto de três subfases:

- 1) **Identificação dos elementos/componentes:** definição de alternativas e critérios;
- 2) **Mapeamentos:** consiste em identificar atributos (ver tópico à frente) e associá-los aos critérios, e também associar as alternativas aos seus atributos;
- 3) **Entender e expandir:** consiste em entender e confrontar as preferências do decisor, bem como expandir o conjunto de alternativas.

Já Ensslin *et al.* (2001) indicam que o “contexto decisório” estará definido quando “*escolhidos os decisores que participarão do modelo, definido o tipo de ação que se vai avaliar e caracterizada a problemática de referência*” (p. 71).

Ação é a “*representação de uma possível contribuição à decisão, representação esta que pode ser considerada autônoma com relação ao processo decisório*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 64). Os autores também adotam a definição de “ações”, “*no contexto das metodologias multicritério em apoio à decisão*”, como “*aqueles objetos, decisões, candidatos, alternativas, etc. que serão explorados durante o processo decisório*” (p. 63).

Por fim, pode-se considerar o problema de decisão estruturado quando estiverem:

- (i) Mapeados o decisor (ou decisores) e demais atores;

- (ii) Determinados claramente os objetivos;
- (iii) Identificadas quais variáveis influenciam a situação considerada e as alternativas existentes;
- (iv) Estabelecidos os “indicadores” que serão adotados para comparação e avaliação das alternativas (atributos); e
- (v) Concebidas as alternativas para a problemática em tela.

3.3.1 – Atores e Decisores

Em diversos casos, o decisor natural é único e facilmente identificável, tratando-se do proprietário, administrador ou qualquer outro indivíduo que tenha a responsabilidade de decidir sobre uma determinada situação.

Entretanto, há casos nos quais os decisores não são únicos, pois, dentre outros motivos, (i) pode haver mais de um proprietário (sócios); (ii) a administração pode ser compartilhada; (iii) a decisão pode ser colegiada ou (iv) a alternativa a ser adotada pode requerer aprovação ou concordância de terceiros não envolvidos na problemática em si.

Portanto, quando o decisor não é claramente identificável, é necessário mapeá-lo e integrá-lo ao processo decisório, pois, do contrário, a decisão pode ser “inócua” ou inválida. Ressalta-se que em organizações públicas ou privadas “o poder decisório (*‘quem decide’*) é usualmente difuso” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 61).

Não obstante a identificação dos decisores, deve-se atentar para a identificação de outros protagonistas na tomada de decisão: **os atores**. “Ator”, ou “atores”, na conceituação de Ensslin *et al.* (2001, p. 62) “é aquele indivíduo ou grupo de indivíduos que compartilha um mesmo sistema de valores” e que “apesar de não terem poder de decisão, sofrem as consequências da decisão que será tomada”. Já Galves e Bouyssou (2005, p. 12) entendem que ator é “qualquer participante nesse processo, como o decisor, o analista ou facilitador (...) e qualquer indivíduo ou grupo interessado ou afetado pela decisão”.

Finalmente, ressalta-se que a identificação dos atores não é tão óbvia. Enquanto o “decisor” toma parte do processo decisório de modo quase automático (já que parte dele a iniciativa de alterar uma situação crítica, problemática ou indesejada), os atores podem estar “ocultos” e somente “aparecerem” quando decisões forem tomadas e estiverem sendo implantadas, o que acarreta risco de fracasso da solução adotada.

3.3.2 – Objetivos

Na estruturação do problema de decisão, um elemento fundamental a se considerar é o objetivo a atingir. Isso pois a tomada de decisão, conforme já visto, significa uma escolha que traz consequências, almejadas ou indesejadas e, portanto, ao tomá-la, a primeira referência que deve estar à mente é justamente o que se deseja ou não (objetivo).

Dessa forma, objetivos estão no centro do processo decisório, subsidiando a elaboração de “*novas e melhores alternativas*” e constituindo “*a base de avaliação para as alternativas existentes*” e “*são (...) seus critérios de decisão*”. Acrescenta-se que eles auxiliam a “*determinar quais informações devem ser obtidas*”; a evitar decisões “*irrefletidas*”; e a dimensionar a importância da decisão em tela, logo, “*o tempo e o esforço que ela merece*” (HAMMOND *et al.*, 2004, p. 43-45).

Todavia, a identificação do objetivo em uma decisão não é tão simples. Primeiramente, o decisor, ou decisores, muitas vezes almeja(m) satisfazer dois ou mais interesses, necessidades ou objetivos. O próprio fato de existir, frequentemente, mais de um decisor, faz com que os interesses a serem atendidos sejam diversos e, não raro, conflitantes entre si.

Não obstante as dificuldades relacionadas à multiplicidade de metas e “desejos”, deve-se atentar também para as correlações existentes entre tais objetivos identificados, posto que uma meta estabelecida nem sempre é um fim em si próprio, mas tão somente um meio para alcançar aquilo que, de fato, se deseja.

Assim, beneficiar grãos, por exemplo, pode ser um objetivo para se instalar um sistema de armazenagem; no entanto, o beneficiamento não é um fim por si só, pelo contrário; visa também atingir outras metas, como redução de perdas e/ou de custos com serviços de terceiros, que, por sua vez, têm por finalidade o aumento do lucro.

Keeney (1992) assinala a diferença entre os objetivos existentes em problemas de decisão: “*os objetivos-meio são importantes para se atingir os objetivos fundamentais*” e “*podem ser muito úteis para desenvolver modelos para análise de problemas de decisão e para criar alternativas. Entretanto, são os objetivos fundamentais que são essenciais para conduzir todos os esforços em situações de decisão e na avaliação das alternativas*” (p. 35).

Identificar e distinguir os objetivos meios dos fundamentais é, segundo Hammond *et al.* (2004), “*importantíssimo, pois os dois tipos representam papéis fundamentais e diferentes no processo decisório*” (p. 51). Nessa linha, os autores argumentam que aqueles primeiros “servem de estímulo” à geração de alternativas e auxiliam na compreensão do problema; **enquanto os últimos são os únicos que devem ser utilizados na avaliação e comparação de alternativas.**

Todavia, não obstante a importância da definição e clareza dos objetivos, Keeney (1992, p. 55) ressalva que eles “*não são adequadamente articulados para diversas decisões importantes*”. Segundo o autor, isto ocorre por diversas razões, dentre elas: compreensão errônea dos objetivos por parte dos decisores; pressões rotineiras para produzir resultados que limitam prazos para o desenvolvimento mais acurado desses objetivos e a “*séria falta de abordagens estruturadas para promover a reflexão sistemática e profunda acerca dos objetivos*”⁶⁹.

Ainda assim, embora por vezes negligenciadas, a identificação e a classificação dos objetivos, pelos papéis essenciais que desempenham no processo de estruturação do problema de decisão, na geração e avaliação de alternativas e na correspondente tomada de decisão, são objetos de atenção em diversos estudos e trabalhos acadêmicos, havendo diversas metodologias propostas, estudadas, adaptadas e aplicadas pelos respectivos autores.

⁶⁹ Keeney (1992) lembra que “*todos os gurus de decisão*” incluem uma “*lista de objetivos*” em suas propostas, porém não estabelecem claramente quais objetivos devem ser listados, como preparar tal relação e como usá-la.

Keeney (1992) propôs, para tanto, um método que começa com a seguinte pergunta: “O que você gostaria de obter nesta situação?”. As respostas fornecem, então, um rol de objetivos potenciais que, ato contínuo, deve ser expandido a partir de reflexões acerca, dentre outros elementos, dos desejos dos decisores, das perspectivas dos demais atores, das alternativas existentes, dos meios disponíveis e das restrições existentes.

Após a identificação dos objetivos, é necessário classificá-los em *meios e fundamentais*. Para tanto, para cada objetivo identificado, questiona-se: “Por que esse objetivo é importante?”. Caso a resposta assente a importância do objetivo nas suas implicações e consequências, trata-se, então, de um objetivo-meio, uma vez que leva a outro objetivo. Do contrário, se ele é uma das “razões essenciais” que motiva a decisão a ser tomada, trata-se de um objetivo *fundamental*.

Em seguida, os objetivos *fundamentais e meio* são estruturados em uma “Rede de Objetivos Meios-fins” e uma “Hierarquia de Objetivos Fundamentais”. Enquanto esta última “indica o conjunto de objetivos a partir dos quais os atributos devem ser definidos⁷⁰”, a primeira contém aqueles que devem ser considerados no desenvolvimento do modelo a ser utilizado para relacionar as alternativas e suas correspondentes consequências (KEENEY, 1992, p. 69).

Em uma “Hierarquia de Objetivos Fundamentais”, um objetivo de nível hierárquico mais baixo faz parte do objetivo de nível hierarquicamente superior; já em uma “Rede de Objetivos Meios-Fins”, o de nível hierárquico mais baixo é um meio para se atingir um hierarquicamente superior⁷¹. Ademais, naquele primeiro conjunto, os objetivos de níveis hierárquicos mais baixos devem ser mutuamente exclusivos e representar, coletivamente, uma “exaustiva compreensão” dos objetivos do nível mais elevado, bem como cada objetivo de nível inferior deve “pertencer” a somente um de nível diretamente superior, o que resulta em uma estrutura “clara e simples”. Já a “Rede de Objetivos Meios-Fins” não necessariamente inclui todos os fatores causais como objetivos-meio de um objetivo de nível hierárquico superior, bem

⁷⁰ Acrescenta-se: o modelo de valor (avaliação multicritério) deve ser desenvolvido para estimar as consequências em termos justamente desses objetivos (Hierarquia de Objetivos Fundamentais).

⁷¹ Desta forma, a “especificação” de um objetivo em uma “Hierarquia de Objetivos fundamentais”, quais sejam objetivos de nível hierarquicamente inferior, não incluem objetivos “meio” (aqueles que são “causas” ou “formas” de se atingir o objetivo hierárquico superior).

como apresenta uma estrutura complexa, já que um objetivo-meio pode estar relacionado a mais de um objetivo hierarquicamente superior⁷².

Outra distinção entre esses dois conjuntos de objetivos é que, em uma “Hierarquia de Objetivos Fundamentais”, os objetivos de um dado nível hierárquico respondem à seguinte pergunta, relativa aos objetivos de nível hierárquico imediatamente superior: “Quais dimensões ou aspectos dos objetivos são importantes?”. Enquanto que, na “Rede de Objetivos Meios-Fins”, os objetivos de um determinado nível respondem ao seguinte questionamento, relativo aos objetivos hierarquicamente superiores: “Como os objetivos podem ser alcançados?”.

A “Rede de Objetivos Meios-fins” é construída unindo os objetivos em uma teia, onde os “meios” são ligados aos correspondentes “fins” por setas⁷³, sendo estes situados no topo⁷⁴. Já a “Hierarquia dos Objetivos Fundamentais” é organizada em níveis hierárquicos ligados por “linhas”, uma vez que nessa estrutura os objetivos hierarquicamente inferiores não representam causas ou meios, mas sim especificações de objetivos mais gerais. As Figuras 3.2 e 3.3 representam tais estruturas.

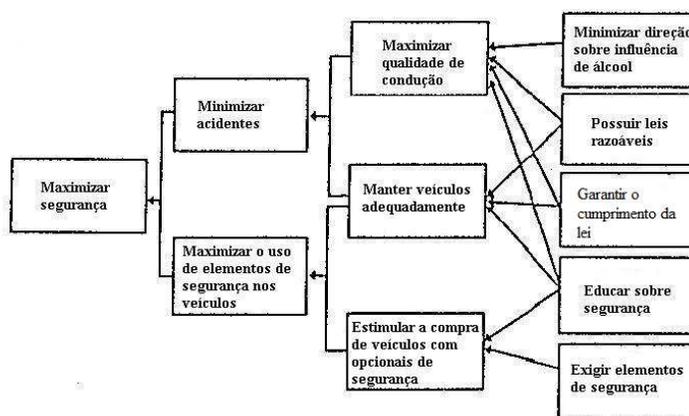


Figura 3.2 – Exemplo de Rede de Objetivos Meios-fins

Fonte: Keeney (1992) - adaptado

⁷² “Um único objetivo-meio pode ter implicações em diversos objetivos fundamentais, e vários objetivos-meio podem influenciar o êxito de um único objetivo fundamental” (KEENEY, 1992, p. 76).

⁷³ Direção da seta: de um objetivo “meio” para um “fim”, cujo êxito depende ou é favorecido pelo primeiro.

⁷⁴ Consequentemente, a Rede “Meio-fim” resulta em uma estrutura hierarquizada: os objetivos que são somente meios situam-se na base, já os fins se localizam no topo da teia, enquanto outros objetivos, que são “fins” de alguns, porém “meios” para outros, se encontram em níveis intermediários.

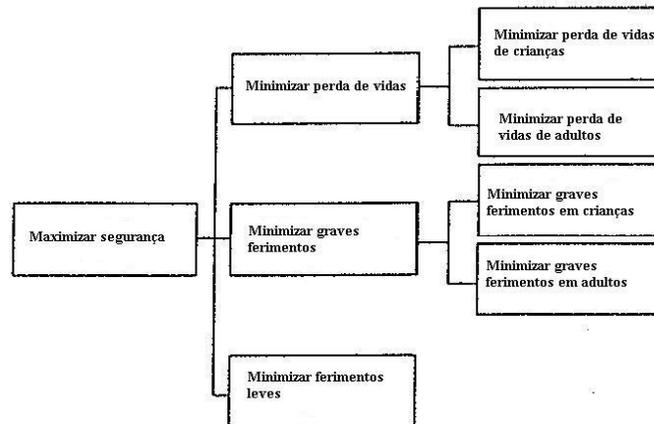


Figura 3.3 – Exemplo de Hierarquia dos Objetivos Fundamentais

Fonte: Keeney (1992) - adaptado

Keeney (1992) ainda estipula as propriedades desejáveis do conjunto de objetivos fundamentais:

- ✓ **Essencial:** o conjunto dos objetivos deve expressar os valores dos decisores;
- ✓ **Controlável:** cada objetivo deve estar relacionado somente às ações compatíveis com o contexto decisório;
- ✓ **Completo:** os objetivos devem representar todos os interesses dos decisores;
- ✓ **Mensurável:** devem permitir a medição do desempenho das ações potenciais;
- ✓ **Operacional:** informações sobre as performances das ações potenciais podem ser obtidas a partir de procedimentos exequíveis e dentro de prazos razoáveis;
- ✓ **Isolável:** cada objetivo fundamental deve permitir a análise de cada aspecto fundamental do problema de forma independente dos demais;
- ✓ **Não redundante:** o mesmo aspecto do problema não pode ser representado por mais de um objetivo fundamental;
- ✓ **Conciso:** o número de elementos do conjunto de objetivos fundamentais deve ser o mínimo necessário para atender os requisitos acima;
- ✓ **Compreensível:** é necessário que cada objetivo fundamental possa ser compreendido claramente por todos os decisores envolvidos.

Ensslin *et al.* (2001) propõem a construção de mapas cognitivos causais (ou de influência) para auxiliar a identificação dos objetivos fundamentais. Esses mapas consistem em uma representação gráfica de “*hierarquia de conceitos, relacionados por ligações entre meios e fins*”, e visam conduzir o(s) decisor(es) a explicitar(em) “*seus valores relacionados com o problema em questão*” (p. 78). Eles são construídos a partir dos elementos primários de avaliação (objetivos, metas, valores dos decisores, ações, opções e alternativas) que, por sua vez, são identificados por meio de “*brainstorming*”⁷⁵.

Outra abordagem para a identificação dos objetivos fundamentais pode ser encontrada em Hammond *et al.* (2004), e consiste, basicamente, em 5 etapas:

- ✓ Etapa 1: Escrever tudo o que se deseja considerar na decisão
- ✓ Etapa 2: Expressar os interesses em objetivos
- ✓ Etapa 3: Classificar os objetivos (meios e fins) e definir os objetivos fundamentais,
- ✓ Etapa 4: Esclarecer o significado de cada objetivo
- ✓ Etapa 5: Averiguar se os objetivos correspondem aos interesses

Por fim, ressalta-se que, embora Ensslin *et al.* (2001) adotem Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), enquanto outros autores empregam Objetivos Fundamentais, não há diferença entre eles, pois ambos representam aquilo (interesses, necessidades, desejos, etc.) que se deseja primordialmente obter no problema em questão, bem como o conjunto a partir do qual serão estabelecidos os atributos.

3.3.3 – Atributos

Na estruturação do problema de decisão, “*a identificação de objetivos e a especificação de atributos são processos interligados*”, pois os atributos permitem que se “*quantifiquem os objetivos*” a partir do “*estabelecimento de um modelo de valor, tal como uma função de utilidade ou uma função de valor*” (KEENEY, 1992, p. 64-65).

⁷⁵ “*Reunião destinada a incentivar a total libertação da atividade mental, sem restrições*”, onde se espera que surjam tanto ideias convencionais quanto outras que, a princípio, soem ridículas (OLIVEIRA, 1999).

Assim, pode-se definir **atributo** como uma medida do grau de consecução de um objetivo (KEENEY, 1992; BELTON e STEWART, 2003). Ou ainda, pode-se caracterizá-lo como um conjunto de “*níveis de impacto*” utilizado para representar as “*performances plausíveis das ações potenciais*” (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Os atributos, também chamados de **descritores** (ENSSLIN *et al.*, 2001), constituem, então, os “critérios” do problema de decisão - os termos são sinônimos, aponta Keeney (1992). Ressalva-se, todavia, que outros autores observam diferenças nos conceitos entre atributo e critério (ENSSLIN, 2001; BELTON e STEWART, 2003).

Não obstante serem, primordialmente, meios para avaliar as alternativas existentes, refletindo os valores e objetivos dos decisores, os atributos, segundo Ensslin *et al.* (2001, p. 146), também são úteis para:

- “*Auxiliar na compreensão do que os decisores estão considerando;*
- *Tornar o ponto de vista mais inteligível;*
- *Permitir a geração de ações de aperfeiçoamento;*
- *Possibilitar a construção de escalas de preferências locais;*
- *Permitir a mensuração do desempenho de ações em um critério;*
- *Auxiliar a construção de um modelo global de avaliação”.*

Os atributos também devem atender às seguintes propriedades (KEENEY, 1992; ENSSLIN *et al.*, 2001):

- ✓ **Mensurabilidade:** devem permitir a medição do desempenho das ações potenciais;
- ✓ **Operacionalidade:** devem definir “*claramente como e quais dados coletar*”;
- ✓ **Compreensão:** devem “*permitir a descrição e a interpretação da performance da ação potencial de forma não ambígua*”.

Importante destacar que, sob o paradigma construtivista, não há um **atributo** “ótimo” ou “certo”, mas sim aquele considerado adequado e/ou válido, caso reflita os valores dos decisores e seja compreensível aos mesmos, bem como se revele apropriado enquanto ferramenta de avaliação das alternativas (ENSSLIN *et al.*, 2001). Já quanto ao tipo, os atributos podem ser classificados em:

- Diretos, construídos ou indiretos (*proxy*);
- Quantitativos ou qualitativos; e
- Contínuos ou discretos.

Atributos diretos são aqueles que podem ser aferidos por medidas numéricas intrínsecas. Em outras palavras, trata-se de atributos que possuem medidas “naturais” (reconhecidas por todos como tais), que caracterizam seus diversos níveis de “impacto” (ENSSLIN *et al.*, 2001). Como exemplo, pode-se citar a “massa” como um atributo deste tipo, pois sua medição é direta (quilograma – kg).

Os atributos diretos são “**quantitativos**”, porém podem ser **contínuos** ou **discretos** (ENSSLIN *et al.*, 2001). Também são denominados “**atributos naturais**” (KEENEY, 1992).

Em situações nas quais um objetivo fundamental não possa ser mensurado diretamente por um atributo, lança-se mão de **atributos construídos**, que consistem na descrição de diferentes níveis de impacto que, de modo direto, reflitam em que grau o objetivo associado é atingido. Assim, um “atributo construído” é composto pelo conjunto de descrições verbais dos possíveis níveis de impacto em um determinado objetivo e deve ser, via de regra, desenvolvido especificadamente para cada problema de decisão ⁷⁶ (KEENEY, 1992).

Cabe observar que, para Ensslin *et al.* (2001), os objetivos fundamentais de um nível inferior⁷⁷ na Hierarquia dos Objetivos Fundamentais podem ser representados por **subatributos** que, por meio de funções de valor e constantes de escalas⁷⁸, são agregados e constituem o **atributo** do objetivo fundamental do nível imediatamente superior. Ressalta-se que tal abordagem é válida quando os objetivos fundamentais de nível inferior (ou PVEs) são **independentes** ou **isoláveis**.

⁷⁶ Alguns atributos construídos, no entanto, acabam sendo percebidos e tomados como atributos naturais, como, por exemplo, é o caso do Produto Nacional Bruto – PNB (KEENEY, 1992).

⁷⁷ Ou ainda, Pontos de Vista Elementares (PVEs), que compõem os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) (ENSSLIN *et al.*, 2001).

⁷⁸ Ver tópicos: **4.2.3 – Funções de Valor** e **4.2.4 – Constantes de Escala**.

Acrescenta-se que os subatributos podem ser estabelecidos tanto diretamente, tal qual um “atributo direto”, quanto também serem construídos, caso não existam atributos naturais para mensurá-los (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Quando não for possível estabelecer um atributo direto ou construído, adota-se um **atributo indireto**, também chamado de **proxy**. Os atributos indiretos possuem, basicamente, as mesmas características dos diretos, porém mensuram as performances das ações potenciais, no tocante aos objetivos fundamentais para os quais foram definidos, de forma **indireta**.

Ilustrativamente, pode-se citar a “**área construída**” como um atributo indireto para o objetivo “minimizar consumo de energia” na escolha de uma nova sede para uma determinada empresa. Isto, pois na falta de um indicador que expresse o consumo de energia para cada edifício, a área de cada um pode indicar os graus de impacto que cada opção implica no consumo de energia, uma vez que gastos maiores são esperados quanto maior for o edifício.

Além de **quantitativos**, quando são expressos por valores numéricos, os atributos também podem ser **qualitativos**, quando são descritos por expressões semânticas (por exemplo, alto, baixo, médio, bom, ruim, etc.) e/ou “*representações pictóricas*”.

Os atributos também podem ser classificados como **contínuos** ou **discretos**. Os primeiros são aqueles cujos valores numéricos que os representam variam segundo funções matemáticas contínuas (como exemplo, pode-se citar a “massa”, cuja medida é dada por uma variável contínua: quilograma – kg). Já o segundo caso refere-se àqueles que são constituídos por um número finito de níveis de impacto e, portanto, são expressos por uma quantidade restrita de valores numéricos (ilustrativamente: para o objetivo “aumentar a lotação”, um atributo possível é o “número de cadeiras”, que é **discreto**, uma vez que seus níveis de impacto são dados por números inteiros, positivos e finitos). Os atributos construídos, por definição, são discretos.

Finalmente, para cada atributo são definidos, no mínimo, os níveis de impacto “**melhor**” e “**pior**” no tocante às performances possíveis de ações potenciais em relação ao objetivo fundamental que representa, podendo haver um terceiro nível: o “**neutro**”.

3.3.4 – Alternativas

“As boas decisões surgem de um conjunto de alternativas viáveis”, pois para se “tomar uma decisão bem fundamentada”, necessita-se de opções (LUECKE, 2010, p. 50-51). Assim, a tomada de decisão enseja a existência de alternativas, já que se trata justamente do ato de escolher, implantar e rejeitar ações – incluindo a hipótese de não mudar ou implantar ações, ou seja, manter as “coisas como estão”.

Neste sentido, torna-se importante a quantidade de alternativas atraentes em um contexto decisório, dado que o resultado a ser alcançado depende daquela que for selecionada e, portanto, independentemente do método de avaliação adotado, se não houver alternativas satisfatórias a serem analisadas, também não será satisfatória a decisão que vier a ser tomada. Isso implica, então, a construção de uma quantidade razoável de opções criativas e diferentes entre si. Para tanto, deve-se refletir sobre as possibilidades existentes, suas consequências e viabilidades, dedicando, assim, uma atenção particular a esta etapa do processo de estruturação.

Dessa forma, na construção de alternativas a criatividade não deve ser inibida, bem como não deve haver restrições quanto à quantidade, tipo e características dos projetos. Pelo contrário, quanto mais liberdade houver neste processo, mais possibilidades serão imaginadas e/ou ações mais criativas e diferentes entre si serão pensadas.

Corner *et al.* (2001) também sublinham a importância de se “avançar” e “retroceder” no processo de **estruturação do problema de decisão**, permitindo que a reflexão sobre fases posteriores, estabelecimento de alternativas e opções, por exemplo, sirva de “*feedback*” para as anteriores (reavaliação de valores, objetivos fundamentais e atributos), o que possibilita, então, o aprimoramento da geração de novas alternativas.

A práxis pode ser estendida à etapa posterior, qual seja a avaliação de ações potenciais, pois, conforme assinalam Violato *et al.* (2011), “a avaliação das alternativas inicialmente propostas pode resultar na geração de novas e melhores alternativas” (p. 17).

Ressalta-se que, embora os objetivos tenham uma natureza “*intrinsecamente subjetiva*”, refletindo os sistemas de valores dos atores e decisores, as “*características das ações têm uma natureza de base objetiva*” no que se refere à consecução dos objetivos (estes, sim, “*personais*”) entendidos e determinados pelos decisores (COSTA, 1996).

É importante também destacar que as **consequências das alternativas** estabelecidas devem ser **cuidadosamente identificadas e mensuradas**, uma vez que a avaliação multicritério se fundamenta, evidentemente, na comparação dos efeitos e resultados das ações possíveis (opções, projetos, alternativas, ou ainda, ações potenciais). Nessa linha, Hammond *et al.* (2004) sugerem a montagem de um “Quadro de Consequências”, onde se disponha em uma tabela os efeitos de cada alternativa (colunas) no tocante a cada objetivo fundamental (linhas).

Acrescenta-se que identificar consequências é salutar à compreensão do problema de decisão em tela: “*O benefício mais importante que deriva da descrição das consequências é o entendimento. Você compreenderá melhor não apenas as consequências em si, mas também seus objetivos, e até mesmo o problema a decidir. Quanto mais profundamente os compreender, mais próximo estará de fazer uma escolha inteligente*”. (HAMMOND *et al.*, 2004, p. 73).

3.4 – Avaliação Multicritério

A avaliação de alternativas com base em métodos multicritério tem origem na década de 1970, quando a comunidade científica internacional começou a pesquisar e propor uma série de métodos que visavam, por um lado, incorporar múltiplos aspectos nos processos de análise de alternativas e tomada de decisão e, por outro, constituir ferramentas que auxiliassem na escolha, ordenamento ou classificação de alternativas (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Ramos Filho *et al.* (2008), aliás, destacam que, nos últimos anos, os métodos multicritério estão sendo aplicados a diversas áreas e campos das ciências, dentre as quais: industrial, educacional, social e pessoal. Nesta linha, os próprios autores empregam tais métodos na seleção de técnicas de manutenção de armazéns agrícolas.

De fato, encontram-se aplicações de métodos multicritério em quase todos os campos atualmente: da agricultura (REGO *et al.*, 1998; ROMERO e REHMAN, 2003; MILOCA *et al.*, 2006) às finanças e recursos humanos (LIMA, 1997; SOETHE, 1997). Ressalta-se também a “múltipla” utilidade dos métodos multicritério: “*planejar, selecionar a melhor alternativa, alocar recursos, resolver conflitos e otimizar processos*” (RAMOS FILHO *et al.*, 2008, p. 3).

Desta forma, encontram-se na literatura diversos métodos de avaliação multicritério, os quais se baseiam nas preferências dos decisores. Eles podem ser agrupados de acordo com três abordagens (ROY, 1996, *apud* ENSSLIN *et al.*, 2001):

- ✓ *Critério único de síntese*
- ✓ *Subordinação de síntese*
- ✓ *Julgamento local interativo*

3.4.1 – Abordagem do Critério Único de Síntese

Trata-se do tipo mais tradicional de abordagem, com origem nos países de língua inglesa e ampla utilização no apoio à decisão (ENSSLIN *et al.*, 2001). Nesta abordagem, as performances de cada alternativa nos diferentes critérios (ou atributos) são sintetizadas em um desempenho global por meio de uma função de agregação.

Para tanto, é necessário obter, para cada critério, uma função de utilidade que, por sua vez, representa “*o quanto uma dada ação fornece de utilidade para os decisores, com relação ao aspecto que está sendo medido naquele critério*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 53). Ressalta-se que, muitas vezes, é adotada uma função de valor ao invés de uma função de utilidade.

Neste contexto, observa-se que “**funções de valor**” são diferentes de “**funções de utilidade**”, uma vez que seus conceitos são distintos. Ensslin *et al.* (2001), citando Dyer e Sarin (1979), Von Winterfeldt e Edwards (1986) e Larichev e Moshkovich (1997), estabelecem a seguinte diferenciação (p. 187-188): a “*função de valor refere-se a uma função que quantifica a preferência dos decisores quando não há incerteza sobre a performance das ações. Já uma*

função utilidade incorpora as preferências dos decisores sob algum tipo de incerteza, incorporando suas atitudes frente ao risco”.

Desta forma, os valores extraídos das funções de valor, ou de utilidade, referentes aos desempenhos de cada ação em relação a cada critério, são agregados em uma única equação, por meio de constantes de escala que, por sua vez, consistem em relações de “*trade off*” entre as preferências do(s) decisor(es) no tocante a suas metas e interesses. Uma das funções mais utilizadas é a de agregação aditiva, apresentada na seguinte equação:

$$u(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i u_i(x_i) \quad \text{Equação (3.1)}$$

Onde, $u_i(x_i)$ são funções de utilidade ou de valor e k_i são constantes de escala.

Os métodos MAUT (*Multi-attribute Utility Theory*) e MAVT (*Multi-attribute Value Theory*), desenvolvidos pelos norte-americanos Keeney e Raiffa (MILOCA *et al.*, 2006), são os mais representativos deste tipo de abordagem. Outros métodos, como o AHP⁷⁹ (*Analytical Hierarchy Procedure*), também vêm sendo classificados como tais (DYER, 2005).

Ainda que o AHP seja classificado como “critério único de síntese”, suas características se aproximam de métodos de “subordinação” (ver à frente), pois sua “lógica” **consiste na comparação de alternativas par a par** em cada nível hierárquico, determinando cada alternativa em relação à outra: igual, melhor ou pior e quantas vezes é melhor/ pior (REGO *et al.*, 1998).

3.4.2 – Abordagem da Subordinação de Síntese

Com origem nos países de língua francesa, surgiu para se contrapor à abordagem do critério único de síntese e está associada ao grupo ligado ao pesquisador Bernard Roy (ENSSLIN *et al.*, 2001).

⁷⁹ Método desenvolvido no fim da década de 60 por Thomas Saaty, e que “*procura reproduzir o raciocínio humano em situações que envolvem complexidade e subjetividade*” (RAMOS FILHO *et al.*, 2008, p. 3).

A partir do entendimento de que a abordagem do critério único de síntese “*faz uso de pressupostos rígidos*”, exige “*um nível elevado de informações extras*” e tem a necessidade de se determinar a estrutura de preferência do(s) decisor(es)⁸⁰, a abordagem da subordinação de síntese procura obter um “*resultado menos rico*”, evitando “*tanto propor hipóteses matemáticas excessivamente rígidas, quanto perguntar questões excessivamente complexas aos decisores*”. Visando tal fim, métodos dessa abordagem utilizam, como “lógica” do processo de “ordenamento” das alternativas, a “*comparação par-a-par das performances locais das ações em cada um dos critérios*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 55).

Nesta abordagem as ações são comparadas par a par e admite-se a existência de **relações de subordinação**⁸¹. Para determinar se existe uma relação de subordinação entre duas ações, é necessário definir limiares de concordância e discordância, uma vez que para o decisor pode ser difícil fornecer valores numéricos precisos sobre suas preferências, ou ainda, não ser possível estabelecer graduações mínimas dos níveis de impacto das alternativas (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Como exemplos de métodos da “*abordagem da subordinação de síntese*”, pode-se apontar os conhecidos como ELECTRE⁸² (I, II, III e IV), propostos por Bernard Roy e colaboradores. A primeira “versão”, ELECTRE I, “*utilizava os primeiros conceitos de concordância, discordância e ‘outranking’⁸³ e orientava a escolha de uma única alternativa a qual julgava-se a melhor comparativamente com as demais*” (COSTA, 1996, p. 5).

Ressalta-se que “*uma relação ‘outranking’ é concebida para representar no modelo de agregação o caso particular onde duas ações podem ser incomparáveis em alguma situação de decisão. Essa situação pode-se apresentar, na realidade, quando o decisor não pode, não quer ou não sabe como comparar duas ações devido à incerteza deles, à imprecisão de dados ou à própria personalidade do decisor*” (ZAPATA, 1995, p. 3-4).

⁸⁰ O que levaria a um pré-ordenamento de alternativas ou a se revelar pouco confiável (ENSSLIN *et al.*, 2001).

⁸¹ Se há argumentos suficientes para “decidir” que uma ação A é pelo menos tão boa quanto uma ação B, e não há argumentos para “refutar” tal julgamento, então A *subordina* B (ENSSLIN *et al.*, 2001).

⁸² Elimination Et Choix Traduisant la Réalité.

⁸³ Subordinação.

ELECTRE II é uma extensão do primeiro método, permitindo o ordenamento completo das alternativas. O ELECTRE III é uma evolução de seus antecessores, introduzindo a possibilidade de se considerar limiares de indiferença e preferência, bem como as incertezas associadas aos critérios. Já na versão IV, o ELECTRE não utiliza os indicadores de “concordância” e “discordância” e, ao invés deles, lança mão de “funções de proporcionalidade”, sem deixar de levar em conta a intensidade de preferência das alternativas em relação às outras (TSAMBOULAS *et al.*, 1999).

Outro exemplo de método deste tipo de abordagem, desenvolvido por Brans e Mareschal, é o PROMETHEE⁸⁴ (I e II), que faz o ordenamento das alternativas a partir da maximização ou minimização de funções de preferência, considerando os “*trade-offs*” entre critérios e índices de preferência (MILOCA *et al.*, 2006).

O PROMETHEE também é considerado como mais fácil de usar do que o ELECTRE, além de permitir o ordenamento total ou parcial das alternativas. Também apresentaria resultados mais “estáveis”, ou seja, estes não oscilariam significativamente devido a pequenas variações em parâmetros do modelo de avaliação (ÜLENGIN *et al.*, 2001).

Ressalta-se que, muito embora a abordagem da subordinação de síntese tenha surgido como um contraponto à do critério único de síntese, ela também se ancora, conforme salientam Ensslin *et al.* (2001), no conceito de se “*determinar uma performance global para cada uma das ações*” (p. 55), ou seja, produzir “sínteses” das alternativas de modo a permitir comparações.

Acrescenta-se que, apesar de consistir em “*nova forma de encarar o problema básico dos métodos multicritérios*”, procurando contornar as deficiências daquela primeira abordagem (critério único de síntese), a abordagem da subordinação de síntese é de difícil aplicação prática, dada a dificuldade tanto na determinação dos limiares, quanto no estabelecimento da “*lógica dos procedimentos de agregação*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 56).

⁸⁴ Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations.

3.4.3 – Abordagem do Julgamento Local Interativo

Trata-se de abordagem distinta das demais, pois “*não realiza uma agregação das performances da ação em cada um dos critérios, visando determinar sua performance global*” – grifo nosso (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 56). Sua origem está relacionada com os procedimentos de programação matemática – particularmente, no MOLP (Programação Linear Multi-objetivos).

Os métodos desta abordagem consistem em “*uma sequência de julgamentos, realizados pelos decisores, sobre a performance requerida localmente em um determinado critério*”. Dessa forma, o processo é conduzido interativamente, por meio de etapas alternadas: “*uma fase de cálculo e uma fase de interação com os decisores*”, sendo o primeiro passo computacional. Este gera uma primeira solução a ser apresentada aos decisores que, por sua vez, “*fornecem informações adicionais sobre suas preferências em um dado critério visando melhorar cada uma das funções-objetivo separadamente*”⁸⁵ (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 57).

Embora haja um grande número de pesquisadores que se dedicam ao estudo de métodos do tipo “**juízo local interativo**”, há poucas aplicações práticas, pois, dentre outras razões, “*é difícil para estes métodos permitir visualizar graficamente, de forma compreensível, o processo de otimização de um número muito grande de critérios*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 57).

Ainda, assim, pode-se citar, como exemplo deste tipo de abordagem, o método MACBETH⁸⁶, desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1995), que, de modo interativo, “*quantifica julgamentos de valor, baseados nas preferências dos decisores, sobre um conjunto finito de ações consideradas como possíveis soluções para o problema*” (COSTA, 1996, p. 8).

⁸⁵ Ainda que possível, a otimização simultânea de todas as funções-objetivo, na prática, não é frequente, o que leva à interação com o decisor para que ele defina qual a “direção” de otimização preferida. Logo, uma solução matemática é gerada e apresentada aos decisores que realizam um julgamento, gerando novas informações e permitindo novo cálculo matemático que resultará em nova solução a ser julgada novamente pelos decisores, “*até que se chegue a uma solução satisfatória*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 57).

⁸⁶ Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique.

3.5 – Recomendação

Nesta etapa, é importante que se proceda à **análise de sensibilidade**, que consiste, basicamente, *“em mudar os valores dos parâmetros e observar o que acontece no resultado final (avaliação das alternativas)”*. Tal análise *“permite que se saiba se uma pequena alteração, por exemplo, da taxa de compensação de um critério ou da performance de uma ação, vai causar uma grande variação na avaliação das ações potenciais”* (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 269).

Destarte, a importância da análise de sensibilidade se fundamenta no fato de que premissas e parâmetros utilizados em modelagens não são precisos ou exatos e, portanto, os resultados obtidos ensejam incertezas. Ademais, também *“proporciona a oportunidade de gerar ações de aperfeiçoamento, podendo aprimorar as ações potenciais e dar maior robustez ao processo decisório”* (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 281).

Ressalta-se que a aplicação da análise de sensibilidade não se restringe aos métodos de auxílio multicritério à decisão; pelo contrário, ela se aplica em diversas situações. Em processos de otimização, por exemplo, Caixeta-Filho (2001c) destaca sua importância: *“a habilidade do modelador e, eventualmente, a do usuário final para a interpretação e simulação de cenários alternativos, via basicamente análises de sensibilidades, são imprescindíveis para a otimização do processo de tomada de decisão.”* – grifo nosso (p. 14).

Acrescenta-se que esta análise permite testar a capacidade do modelo em produzir resultados consistentes e estáveis. Em outras palavras, a análise de sensibilidade indica se os resultados produzidos são “confiáveis”, ou ainda, se não se alteram significativamente caso haja mudanças nas premissas adotadas. Na hipótese contrária, ou seja, se houver alterações de monta nos resultados obtidos em função de pequenas variações nas funções de valor e/ou nas constantes de escala, pode-se entender que o modelo não é adequado.

Nos modelos de agregação aditiva, a análise de sensibilidade pode ser feita a partir do seguinte procedimento: altera-se a constante de escala de um atributo selecionado para tanto e, então, verificam-se as modificações ocorridas nos resultados.

Todavia, uma modificação em uma constante de escala também influencia as demais, uma vez que a soma de tais constantes deve ser igual a 1 (um). Daí é necessário, ao se alterar uma constante de escala, recalculá-las todas as outras. Para tanto, utiliza-se a seguinte equação:

$$W_n' = (W_n * (1 - W_i')) / (1 - W_i) \quad \text{Equação (3.2)}$$

Onde:

w_i = constante de escala **original** do atributo i

w_i' = constante de escala **modificada** do atributo i

w_n = constante de escala **original** do atributo n

w_n' = **nova** constante de escala para o atributo n

Observa-se também que nem sempre é necessário, na avaliação aqui tratada, considerar todos os parâmetros ou mesmo todas as alternativas existentes, pois antes mesmo de tal análise, algumas ações potenciais são claramente “inferiores” a outras, o que permite eliminá-las desta avaliação. Por outro lado, alguns critérios possuem constantes de escala muito abaixo, ou muito acima, dos demais e, portanto, a análise pode se concentrar nas “sensibilidades” daqueles atributos mais relevantes (com maiores constantes de escala no modelo), desprezando, assim, os efeitos causados por variações nas funções de valor e nas constantes de escala daqueles atributos cujas baixas constantes de escala indicam que tais critérios influenciam pouco o resultado final.

3.6 – Auxílio Multicritério à Decisão: Aplicações na Agricultura

Métodos de auxílio multicritério à decisão, conforme já destacado, vêm sendo utilizados em diversas áreas e atividades (RAMOS FILHO *et al.*, 2008) e até mesmo para avaliar a possibilidade de se mudar ou influenciar comportamentos sociais, tal como incentivos às viagens pelo modo a pé (VIOLATO *et al.*, 2011).

Nesse contexto, encontram-se aplicações na agricultura tanto na produção em si como também em atividades complementares e até mesmo em problemas de decisões existentes em

outros elementos da cadeia de produção. Costa (1996), por exemplo, recorre ao método MACBETH (*Abordagem do Julgamento Local Interativo*) para hierarquizar cultivares de arroz frente ao seguinte problema de decisão: “Qual variedade plantar para obter a melhor colheita possível?”.

O autor reconhece que, por trás de uma pergunta “*aparentemente simples*”, e que é “*tratada de forma simples*”⁸⁷, há uma “*enorme complexidade, visto que o cultivo de qualquer espécie envolve inúmeros fatores relacionados à própria cultura, às características da propriedade e do produtor*” (COSTA, 1996, p. 2). Ademais, os cultivares apresentam desempenhos distintos, pois alguns são mais resistentes a baixas temperaturas⁸⁸, outros a doenças, cada variedade é mais adequada a um tipo de solo, bem como produtividades e ciclos biológicos são diferentes.

Quanto aos resultados, Costa (1996) concluiu que “*a aplicação da metodologia proposta à situação problemática em questão (...) mostrou-se bastante adequada em termos dos resultados obtidos*”. Todavia, o autor reconheceu que “*no que diz respeito a condução prática da mesma, apresentou-se bastante complexa, principalmente na fase de obtenção dos julgamentos de valor do decisor (preferências locais). Isto deve-se ao fato de que é difícil tomar a atenção (para o nível de detalhe exigido) e o tempo necessário para proceder o questionamento. Este problema é bastante agravado quando o decisor não possui um grau mais elevado de conhecimento que é o caso de grande parte dos produtores de arroz*”⁸⁹ (p. 72).

Já Rego *et al.* (1998) empregaram o auxílio multicritério em um contexto decisório bem mais amplo do que a seleção de variedades de grão. Os autores se propuseram a priorizar as “*alternativas agrícolas mais adequadas para o desenvolvimento sustentável da região de Paty do Alferes no Estado do Rio de Janeiro*” (p. 1). Desta forma, em função da abrangência da proposta, construíram-se alternativas complexas e heterogêneas, o que impôs a “*triagem e separação em*

⁸⁷ “*O processo de tomada de decisão (...) em boa parte das empresas agrícolas da região sul do Rio Grande do Sul é realizado de forma intuitiva*” (COSTA, 1996, p. 71).

⁸⁸ Pesquisa aplicada no Rio Grande do Sul, onde a ocorrência de baixas temperaturas é alta e, portanto, constitui uma condicionante relevante no planejamento da produção agrícola.

⁸⁹ Destarte, Costa (1996) sugere “*que se desenvolva processos mais simplificados para a fase de formulação do problema, tornando-o mais entendível e prático aos olhos do decisor e por consequência mais atrativo*” (p. 72).

dois grupos distintos: ações e tecnologias, além do que foi feito um agrupamento das alternativas repetidas, similares e complementares”⁹⁰ (p. 2).

Nessa pesquisa os autores aplicaram cinco métodos de auxílio multicritério (Método de Ponderação Linear, AHP, AHP multiplicativo⁹¹, AIM⁹² e MATS⁹³) e concluíram que *“não existe uma única alternativa (tanto ação quanto tecnologia) que se destaque significativamente das demais”*. Ainda assim, foi possível mapear *“grupo de alternativas que se encontram, em qualquer método, na mesma faixa (entre as primeiras, entre as últimas ou em posições intermediárias)”* (p. 7).

Na mesma linha, Belarmino *et al.* (2011) utilizaram o método MACBETH para identificar oportunidades de inovações no arranjo produtivo local (APL) de “pêssego indústria” (enlatado) na região de Pelotas (RS). Concluíram que a aplicação permitiu priorizar *“iniciativas de atuações das organizações que se dedicam ao desenvolvimento e sustentabilidade de arranjo produtivo local da agroindústria de pêssego enlatado de Pelotas – RS, com ênfase nas estratégias de diferenciação e diversificação dos produtos e processos, no aprimoramento dos processos de comercialização e de promoção de crescimento do capital social”* (BERLAMINO *et al.*, 2011, p. 21). Ainda no escopo de políticas públicas, em Romero e Rehman (2003) pode ser encontrado o emprego de método de auxílio multicritério para um programa de reforma agrária (Andalúzia, Espanha).

Em Miloca *et al.* (2006), o auxílio multicritério é aplicado à decisão pertinente a outro elemento da cadeia da produção agrícola. Os autores, a partir do método PROMETHEE, abordaram a problemática da indústria alimentícia (moinhos) na seleção de fornecedores de trigo (armazéns), pois em função de características bioquímicas do grão, *“é dado o destino do trigo,*

⁹⁰ Ilustrativamente, no grupo **Tecnologia** havia alternativas que iam da *“Difusão do plantio direto”* a *“Programas de Reflorestamento”*, passando por propostas de *“Diversificação de culturas”*, *“Implantação de novas culturas”*, *“Consortiação de culturas”* e até *“Implantação e utilização de tração animal”*. Já o grupo **Ações** englobavam: *“Fortalecimento de associações de produtores”*, *“Educação Ambiental”*, *“Programa de alfabetização”*, *“Programa de saúde”*, *“Estímulo ao turismo ambiental”* e *“Implantação de rádio comunitária”* (COSTA, 1996).

⁹¹ Variante do método AHP desenvolvida por Freerk A. Loostma (REGO *et al.*, 1998).

⁹² Aspiration-Level Interactive Method.

⁹³ Multi-Attribute Tradeoff System.

cujas farinhas têm utilização industrial para panificação, bolos, biscoitos, produção de massas e pastas alimentícias” e, portanto, “uma farinha com determinada característica pode ser boa para fabricação de um determinado produto e não ser indicada para fabricação de outro produto” (p. 17).

A pesquisa foi conduzida a partir de amostras retiradas de armazéns pertencentes à Cooperativa Agrícola de Campo Mourão – PR (COAMO) e situados em diversas localidades e regiões do Estado do Paraná. Conclui-se que o ordenamento de fornecedores com o auxílio de método multicritério pode ser indicado *“a moinhos que desejam comprar trigo de vários fornecedores e precisam decidir de qual comprará levando-se em consideração o grau de importância que o mesmo dá a cada análise⁹⁴ realizada nos grãos de trigo” (MILOCA et al., 2006, p. 26).*

Também se pode encontrar o emprego de auxílio multicritério em problemas relativos a atividades “meio” na agricultura. Esse é o caso tratado por Ramos Filho *et al.* (2008) que, por meio do método AHP, selecionaram técnicas de manutenção (corretiva; preventiva; baseada na condição e preditiva) nas estruturas relativas a cada etapa do armazenamento de grãos (recebimento; limpeza; secagem; ensilagem e carregamento), levando-se em consideração os seguintes atributos: segurança; produtividade; qualidade; frequência do problema; taxa de ocupação e manutenibilidade.

Assim, pode-se concluir que o auxílio multicritério à decisão vem sendo aplicado em campos e atividades cada vez mais distintas, sendo a agricultura uma área na qual tais técnicas já foram utilizadas em diversos contextos decisórios.

⁹⁴ Cada característica bioquímica relevante do grão é determinada por uma análise específica. Assim, os autores, ao utilizarem a expressão *“o grau de importância que o mesmo dá a cada análise”*, referem-se à hierarquia de importância das características do trigo para cada consumidor (moinho).

4 – Metodologia

4.1 – O Problema de Decisão na Armazenagem de Grãos

Após a colheita, o produtor se depara com a decisão de vender sua produção imediatamente ou armazená-la com o objetivo de comercializá-la em algum momento futuro, quando lhe for mais favorável ou lucrativo.

Gallimore (1981) entende que o produtor decide vender ou armazenar em função de preços correntes, preços futuros, disponibilidade de transportes e capacidade local de armazenamento.

Nesse contexto, a escolha entre vender ou armazenar é um problema de decisão cuja solução não é simples, uma vez que a questão engloba diversas variáveis (preço do grão, custo do frete disponível, custo de oportunidade, etc.) e estas apresentam níveis significativos de incerteza, tais como preços futuros de grãos e fretes, depreciação do produto armazenado, etc.

Nada obstante, a implantação ou não de um sistema de armazenagem de grãos na propriedade rural é um problema de decisão mais complexo e difícil do aquele que se restringe a escolher entre vender ou armazenar a produção.

Primeiramente, porque neste caso é necessário se definir a utilização que se dará ao sistema, uma vez que os ganhos, custos e dimensionamentos estão diretamente relacionados com as diversas utilidades que um sistema de armazenagem pode desempenhar, entre elas (PUZZI, 2000; CAIXETA-FILHO, 2001b):

- Eliminar taxas de secagem;
- Diminuir perdas na colheita;
- Diminuir perdas com descontos em classificação;
- Aproveitar totalmente o produto (resíduos e grãos quebrados);
- Promover o alongamento do período de colheita;

- Evitar preços altos de frete ou falta de transporte;
- Oferecer garantia de qualidade do produto colhido;
- Garantir grãos selecionados (sementes, não transgênicos, etc.);
- Possibilitar a venda de grãos em qualquer época do ano;
- Possibilitar venda direta ao consumidor final;
- Alugar a terceiros;
- Possibilitar emissão de títulos;
- Minimizar riscos em contratos futuros de venda;
- Combinação de dois ou mais objetivos citados acima.

Ademais, a implantação de um sistema de armazenamento de grãos implica, em comparação com a decisão de vender ou armazenar uma determinada safra somente, maiores dificuldades e incertezas, uma vez que:

- A quantidade de variáveis envolvidas é maior (por exemplo: custo de capital para investimento, custo relativo ao treinamento de pessoal e despesa referente à manutenção e depreciação das instalações físicas, entre outras);
- As variáveis relevantes são mais difíceis de mensurar e/ou ensejam maiores incertezas (muito mais impreciso estimar o comportamento sazonal, na safra e na entressafra, dos preços de grãos no longo prazo – estimativa útil para a avaliação de investimentos em armazéns – do que o preço futuro no curto prazo, subsídio relevante para se decidir armazenar a produção em um dado momento);
- Outros eventos, que ocorrerem no longo prazo, devem ser levados em consideração (vida útil do sistema);
- Há diversas soluções possíveis a serem comparadas (entre elas, a utilização de armazéns de terceiros, a implantação de armazéns em sociedade e a aquisição de equipamentos de transporte – caminhões);
- Deve-se considerar outros aspectos estratégicos no longo prazo, tais como: características da comercialização (nacional e internacional) do grão produzido, condições de financiamento de produtos estocados, oferta de transporte ao longo do ano e existência de carga de retorno, condições das estradas e demais equipamentos de

transporte que servem a propriedade e níveis de serviço ao longo do ano dos portos utilizados para escoar o grão.

Nada obstante, *“as mudanças sociais, econômicas e de mercado das últimas décadas em nível mundial fizeram estabelecer o agronegócio globalizado”*, o que se traduz por *“requerimentos de padrões de qualidade física, sanitária, nutricional de matérias primas agroalimentares e derivados”*. Tal paradigma representa *“grandes desafios aos empreendedores”* que possuem *“grandes dificuldades em alcançar padrões de qualidade”* (SILVA, 2007, p. 1).

Acrescenta-se que os custos e ganhos não são facilmente mensuráveis, posto que vários aspectos que influenciam no retorno do investimento não são diretamente ligados à operação do armazém em si (sazonalidade de fretes e condições de estradas e níveis de serviço de portos ao longo do ano, entre outros exemplos), bem como variáveis relevantes apresentam incertezas elevadas no longo prazo e cujas estimativas são, portanto, imprecisas.

Dessa forma, o problema de decisão na implantação de um sistema de armazenagem de grãos é sintetizado por SILVA (2007, p. 19): *“devido à dinâmica do sistema unidade armazenadora de grãos e a influência de fatores aleatórios, o processo de tomada de decisão se torna complexo devido à dificuldade em correlacionar diferentes fatores”*.

Ressalta-se, ainda, que o setor agrícola carece de conhecimento aplicado e técnicas administrativas modernas, o que representa um obstáculo adicional. Conforme diagnostica Costa (1996), o setor enfrenta *“uma grande defasagem tecnológica em relação a seus processos produtivos e administrativos quando comparados com os demais setores. A ausência de métodos científicos e a dificuldade de implantá-los, quando estes são desenvolvidos, tornam ainda mais desgastante e difícil o processo de enquadramento e atualização do setor”* (p. 1).

Assim, conclui-se que a decisão de investir ou não em armazéns na propriedade rural consiste em um problema complexo e cuja solução não é óbvia. Isto, pois há alternativas concorrentes (compra de caminhões, venda imediata e utilização de armazéns de terceiros, entre outras) e diversas estratégias comerciais possíveis (venda direta, beneficiamento dos grãos e aquelas derivadas das inúmeras utilidades que um sistema de armazenagem pode proporcionar).

4.2 – Abordagem Proposta

A análise de investimento em armazéns na propriedade rural, pela quantidade de variáveis envolvidas e a complexidade de seu contexto decisório, merece uma abordagem sistemática e que seja capaz de (i) estruturar e traduzir o problema individualmente (em função das inúmeras condições que afetam cada localidade ou propriedade particularmente – estradas, por exemplo); (ii) permitir a construção e a comparação de alternativas; e (iii) auxiliar a tomada de decisão, ou seja, a escolha da alternativa a ser implantada. Nesse contexto, as abordagens monocritério, embora sejam as mais utilizadas para a tomada de decisão, podem não ser as mais adequadas. Em tais métodos, uma única variável, ou a relação entre duas variáveis (Retorno/Risco e Benefício/Custo, por exemplo), é eleita como critério de decisão. Todavia, conforme exposto, a implantação de um sistema de armazenagem de grãos está condicionada a uma série de variáveis, muitas não mensuráveis numericamente, restrições e utilizações possíveis (objetivos e metas alcançáveis).

Assim, uma vez que métodos monocritério não permitem abarcar quantas variáveis se deseja, ou ainda, incluir aspectos qualitativos na tomada de decisão, a utilização de tais metodologias para avaliar a implantação de um sistema de estocagem de grãos pode se revelar insatisfatória ao não considerar todos os aspectos entendidos como relevantes no problema tratado. Isso pois, ao se considerar somente os rendimentos financeiros quantificáveis na decisão em tela, diversos aspectos qualitativos do problema não estarão sendo abordados (como, por exemplo, o maior controle da colheita, que diminui riscos e melhora o gerenciamento da propriedade, culminando em retornos **indiretos** de médio e longo prazo). Logo, a alternativa apontada como a mais vantajosa e lucrativa por um método monocritério pode não ser realmente a melhor opção a ser implantada, uma vez que a comparação produzida entre as soluções possíveis por tal metodologia (apenas seus aspectos financeiros) pode ser inadequada em função de alguma especificidade negligenciada.

Destarte, adotou-se, no problema de decisão em tela, o auxílio multicritério à decisão, pois, conforme explica Costa (1996), a existência de diversos fatores a se considerar “*impede que se possa tomar uma decisão considerando-se apenas um único critério*” (p. 4).

4.2.1 – Estruturação do Problema

O contexto decisório da implantação de um sistema de armazenagem de grãos na propriedade rural envolve, dentre outros, os seguintes aspectos:

- Existência de atores relevantes e, até mesmo de outros decisores, além do proprietário e do produtor;
- Objetivos e resultados que se deseja alcançar (redução de perdas, diminuição de custos, agregação de valor, etc.);
- Características da comercialização dos grãos produzidos (demanda, clientes, exigências);
- Características dos sistemas logísticos e de transportes (armazéns locais, estradas, portos, hidrovias, ferrovias, carga de retorno);
- Comportamentos sazonais de preços (grãos e fretes);
- Consequências positivas e negativas de possuir ou não um sistema de armazenagem (impactos, riscos, benefícios, estratégias possíveis, necessidades de capital, dentre outras); e
- Alternativas existentes (investir em armazéns coletivos, por exemplo).

No que se refere ao primeiro aspecto, sendo os investimentos em armazéns localizados na propriedade rural, o decisor natural será, na maioria dos casos, único: o proprietário.

Entretanto, ressalta-se que isto não é sempre verdade, pois *(i)* a propriedade rural pode ser detida por mais de uma pessoa (existência de sócios); *(ii)* em diversas ocasiões o agricultor pode não ser o proprietário das terras onde produz, valendo-se de contratos de arrendamento e parceria para tanto; e *(iii)* o armazém a ser implantado pode ser coletivo ou em sociedade.

Nestes casos, os decisores não seriam únicos. Na primeira hipótese, pelo direito comum à propriedade; na terceira, pela propriedade comum do empreendimento. Já na segunda, cabe ao proprietário e ao produtor decidirem conjuntamente sobre a conveniência e oportunidade do desembolso (que incluiria revisar os termos negociados pela parceria ou arrendamento).

Embora o decisor possa ser identificado com relativa facilidade, a definição dos atores, no entanto, não é tão óbvia, pois vizinhos, fornecedores, funcionários, entes públicos, prestadores de serviços e até mesmo outros produtores, podem ser atores relevantes nesse processo decisório.

Quanto à identificação dos objetivos “fundamentais” e “meio”, será adotado o método apresentado por Keeney (1992), pela sua simplicidade sem comprometimento da eficácia. Já as demais características do contexto decisório para a implantação de um sistema de armazenamento de grãos na propriedade rural são específicas para cada localidade e produtor (condições de estradas durante a colheita, comercialização do produto, existência de carga de retorno em alguma época do ano, entre outras).

4.2.2 – Método de Avaliação Multicritério Adotado

Para a avaliação multicritério de implantação de sistema de armazenagem de grãos na propriedade rural foi adotado o MAVT (*Multi-attribute Value Theory*), que constitui uma abordagem do tipo **critério único de síntese**. O modelo utiliza uma função de agregação aditiva, representada pela seguinte equação:

$$V_{(A)} = W_1 * v_{1(A)} + W_2 * v_{2(A)} + \dots + W_n * v_{n(A)} \quad \text{Equação (4.1)}$$

Onde:

$V_{(A)}$ = Valor global da alternativa A

$v_{n(A)}$ = Valores parciais da alternativa A nos atributos 1,2, ... , n

W_n = Constantes de escala dos atributos 1, 2, ... , n

n = Número de atributos do modelo

Desta forma, os valores extraídos das funções de valor, referentes aos desempenhos de cada alternativa em relação a cada objetivo, são agregados em uma única equação, por meio de constantes de escala que, por sua vez, consistem em relações de “*trade off*” entre as preferências do(s) decisor(es).

4.2.3 – Funções de Valor

Função de valor é “*uma ferramenta julgada adequada, pelos decisores, para auxiliar a articulação de suas preferências, permitindo avaliar ações potenciais, segundo um determinado ponto de vista*” ou um determinado objetivo fundamental (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 189-190).

Acrescenta-se que tais instrumentos auxiliam “*os decisores a expressar, de forma numérica, suas preferências*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 145). Neste contexto, as funções de valor são utilizadas “*para ordenar a intensidade de preferência (diferença de atratividade) entre pares de níveis de impacto ou ações potenciais*” (p. 187).

Tais funções devem ser construídas para cada decisor ou grupo de decisores em cada situação real, de forma a traduzir seus valores e percepções no tocante às diferenças entre os níveis de impacto de ações potenciais distintas relativamente a cada objetivo fundamental.

Observa-se que as funções de valor representam “**escalas de intervalos**” e não de “**razões**”. Assim, conforme assinalam Ensslin *et al.* (2001, p. 199), “*neste tipo de escala, o que tem significância é comparar o intervalo entre dois pares de pontos*” e não a razão entre eles, pois são os espaçamentos entre os pares de níveis de impacto que devem representar, proporcionalmente, o ganho de atratividade entre eles.

Em outras palavras, uma alternativa cujo nível de impacto tenha sido definido como 50 (cinquenta) **não** representa uma atratividade cinco vezes maior que aquela cujo impacto seja 10 (dez) e também **não** significa que sua atratividade seja metade daquela alternativa que atinja os 100 (cem) pontos naquele atributo. De fato, se os níveis de impacto de três alternativas (a_1 , a_2 e a_3) forem, respectivamente, 10 (dez), 50 (cinquenta) e 100 (cem) pontos, isso significa que a troca da alternativa a_1 pela a_2 possui uma atratividade de 80% daquela gerada pela permuta da alternativa a_2 pela a_3 , já que o ganho que se obtém na primeira troca (40 pontos) representa 80% do ganho possível no segundo câmbio (50 pontos).

Há diversos métodos estabelecidos para a construção das Funções de Valor. Ensslin *et al.* (2001) destacam os seguintes: Pontuação Direta (*Direct Rating*), Bisseccção e Julgamento Semântico. No presente estudo, foi utilizado o Método da Pontuação Direta, que é um dos métodos mais utilizados para a construção das Funções de Valor.

O método consiste no ordenamento, em termos de preferência, dos níveis de impacto de um determinado atributo, sendo que os valores 0 (zero) e 100 (cem) correspondem, respectivamente, ao **pior** e ao **melhor** nível⁹⁵. Pode-se, de forma a auxiliar a construção de uma função de valor, também assinalar, além dos impactos “*pior*” e “*melhor*” (0 e 100), dois outros níveis intermediários entre eles (e cujos valores, necessariamente, devem ser maiores que 0 e menores que 100)⁹⁶: o **bom** e o **neutro**⁹⁷.

Destarte, tais referenciais serão “âncoras” para a escala da função de valor a ser construída. Assim, o(s) decisor(es) deve(m) estipular os valores “relativos” dos demais níveis de impacto, procurando “*posicioná-los de forma com que os espaçamentos entre eles reflitam a diferença de atratividade entre os pares de níveis de impacto*”, pois, nesse contexto, “*o que é importante é que os intervalos entre os níveis façam sentido*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 192). A Figura 4.1 apresenta um exemplo de Função de Valor.

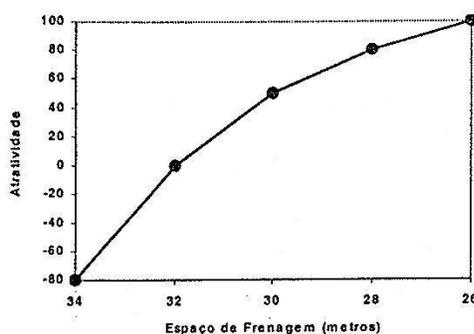


Figura 4.1 – Exemplo de Função de Valor para o atributo “Espaço de Frenagem”

Fonte: Ensslin *et al.* (2001)

⁹⁵ Pode-se utilizar intervalos diferentes de 0 (zero) e 100 (cem). Todavia, por facilidade de cálculo, usualmente adota-se a escala 0-100.

⁹⁶ Ou ainda, maiores que o valor atribuído ao pior nível de impacto, e menores que aquele conferido ao melhor nível, caso os valores atribuídos a tais níveis (pior e melhor) sejam distintos de 0 (zero) e 100 (cem).

⁹⁷ Também é possível utilizar os níveis **bom** e **neutro** para ancorar os “limites” dos níveis de impacto de uma dada alternativa, ou seja, tais níveis podem representar, respectivamente, as pontuações 100 (cem) e 0 (zero).

É importante ressaltar ainda que “*variações idênticas de uma mesma grandeza geram variações diferentes (e, muitas vezes, significativas) de atratividade*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 189). Conforme se observa no exemplo de Função de Valor acima, uma redução de 2 metros no “espaço de frenagem” pode representar ganhos de atratividade distintos: se o espaço for reduzido de 34 para 32 metros, o ganho de atratividade é de 80 pontos, enquanto que a redução de 32 para 30 metros representa um incremento de 50 e uma nova redução (de 30 para 28 metros) acrescenta apenas 30 pontos de atratividade.

Isto ocorre porque, para o decisor do exemplo acima, a redução de 2 metros no espaço de frenagem, quando este é de 34 metros, representa um “ganho” maior do que a mesma redução (2 metros) aplicada a um desempenho inicial melhor (30 ou 28 metros). Ou seja, um determinado ganho de performance representa um incremento maior ou menor na atratividade conforme aplicado a um desempenho inicial pior ou melhor, respectivamente.

O método da pontuação direta tem como vantagens: simplicidade, rapidez e ausência de transformações matemáticas que podem “afetar a credibilidade dos resultados obtidos”. Todavia, tem como desvantagem a necessidade dos decisores expressarem suas preferências em termos numéricos, o que pode levar a distorções, já que não é uma forma natural de raciocínio.

4.2.4 – Constantes de Escala

No método de agregação aditiva, as **constantes de escala** são “fatores de ponderação” que permitem sintetizar as performances obtidas em cada atributo, por uma dada alternativa (ação potencial), em um único **valor global**. Dessa forma, as alternativas tornam-se comparáveis por meio de seus valores globais.

Assim, **constantes de escala**, que também são denominadas **taxas de substituição e trade-offs**, podem ser definidas como “*parâmetros que os decisores julgaram adequados para agregar, de forma compensatória, desempenhos locais (nos critérios) em uma performance global*” (ENSSLIN *et al.*, 2001, p. 219).

Ressalta-se que, em essência, tais **constantes** representam as relações de perdas e ganhos entre os atributos, admitidas pelo(s) decisor(s). Ou seja, elas devem refletir o quanto o decisor estaria disposto a “abrir mão” de performance em um, ou mais de um atributo, para ganhar nos demais.

Ensslin *et al.* (2001), citando Bouyssou (1986), Keeney (1992), Keeney e Raiffa (1993) e Roy (1996), assinalam que “as **taxas de substituição** de um modelo multicritério de avaliação expressam, segundo o julgamento dos decisores, a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para **compensar** o ganho de desempenho em outro” (p. 217).

Para a determinação das constantes de escala, Ensslin *et al.* (2001) destacam os seguintes métodos: *Trade-Off*, *Swing Weights* e Comparação Par-A-Par. Na aplicação em tela, foi utilizado o Método *Swing Weights* para se obter as constantes de escala.

Tal método, também conhecido como dos “saltos”, consiste no seguinte procedimento:

- adota-se uma alternativa fictícia cujo desempenho em todos os atributos seja igual ao **pior** nível de impacto (ou o nível **neutro**);
- pede-se ao decisor escolher um atributo cuja performance ele gostaria que passasse do nível pior para o melhor; este “salto” (*swing*) representa 100 (cem) pontos;
- repete-se o questionamento e o decisor escolhe um novo atributo cujo desempenho sairá do nível pior para o melhor. Estabelece-se, então, quanto representaria esta nova pontuação em relação à primeira. Destarte, este novo “salto” tem uma pontuação entre zero e cem;
- a escolha de um novo atributo, no qual a performance da alternativa fictícia é alterada do pior para o melhor nível, é realizada sucessivamente até que, em todos os atributos, a ação fictícia tenha seus desempenhos majorados do nível pior para o melhor;
- finalmente, somam-se as pontuações e divide-se cada uma delas pelo total da somatória;
- destarte, as “frações” obtidas no cálculo acima, e cuja somatória resulta no valor 1 (um), são as respectivas constantes de escala dos atributos.

Simplicidade e rapidez são as vantagens deste método. Todavia, a necessidade de transformações matemáticas (obtenção indireta das constantes de escala), a exigência de julgamentos numéricos e a uma “certa” abstração contida na forma de questionamento dirigido aos decisores podem ser apontadas como desvantagens (Ensslin *et al.*, 2001).

4.2.5 – Incertezas

Observa-se que, em diversas situações de decisão, as consequências produzidas por uma alternativa não são facilmente determinadas, ou ainda, não são mensuradas ou valoradas, segundo uma função de valor, de forma direta. Isto, pois existem ações potenciais cujos efeitos são incertos, ou seja, as intensidades de seus resultados não são previsíveis sem margem de incerteza.

Destarte, as consequências de tais alternativas podem ser estimadas probabilisticamente, como, por exemplo, pode ser o retorno de um investimento: 50% de probabilidade da Taxa Interna de Retorno (TIR) ser acima de 10% a.a., 25% de chance de estar entre 5% e 10% e outros 25% de ficar abaixo de 5% a.a. Nesta hipótese, ao medir a atratividade da alternativa, por meio da função de valor, pode-se considerar a distribuição de probabilidades. Assim, havendo mais de um resultado possível, seus respectivos valores de atratividade (obtidos da função de valor) devem ser multiplicados pelas correspondentes probabilidades de ocorrerem e, então, somados, sendo tal valor resultante a atratividade “final” daquela alternativa.

Em outras palavras, a atratividade da ação potencial, cujo efeito tenha intensidades com chances diferentes de acontecerem, é obtida pela média das atratividades de cada intensidade possível, ponderada pelas respectivas probabilidades de ocorrência de tais intensidades (HAMMOND *et al.*, 2004).

Outra forma de incluir a incerteza na decisão é por meio de atributos, funções de valor e constantes de escalas. Nessas hipóteses, atributos podem ser construídos de forma a ponderar a incerteza (representando níveis diferentes de probabilidade de ocorrência de um determinado impacto), funções de valor podem ser estabelecidas de modo que suas curvas reflitam, nas

pontuações associadas aos níveis de impacto, uma maior ou menor confiança no atingimento de desempenhos relativos às alternativas e, por fim, na determinação das constantes de escalas, caso o decisor disponha sua preferência entre atributos de acordo com o grau de incerteza existente na consecução de cada objetivo relativo a tais atributos.

Neste estudo, a consideração sobre incertezas foi conduzida por meio de análise de sensibilidade, admitindo-se variações nos parâmetros sujeitos a incertezas e avaliando as consequências produzidas no resultado final.

4.2.6 – Valor Global

Os modelos de agregação aditiva permitem comparar as alternativas por meio de seus respectivos **Valores Globais**. O **Valor Global** de uma alternativa é a pontuação que ela obtém considerando suas performances **em todos os atributos**, mensuradas a partir das respectivas funções de valor e “ponderadas” por constantes de escalas.

Pode-se também construir os **Perfis de Impacto** das alternativas (“curvas” onde os objetivos ou atributos estão dispostos no eixo *X*, e no eixo *Y* estão os respectivos desempenhos obtidos pelas alternativas, mensurados pelas funções de valor). Daí podem ser comparados, mas somente de forma complementar à análise dos *Valores Globais*, pois representam as performances de cada alternativa, obtidas em cada atributo, de forma **não agregada** (somente graficamente).

Todavia, tal recurso não leva em consideração as constantes de escala, ou seja, não “capta” as relações de troca entre os atributos, definidas pelo(s) decisor(es). Assim, uma ação potencial pode ser superior às outras em alguns atributos, mas ao se considerar as constantes de escala, ela acaba perdendo atratividade em relação às demais. Neste estudo, a análise dos resultados somente considerou os valores globais.

5 – Aplicação

Para averiguar a aplicabilidade da abordagem proposta em situações concretas, bem como para validar seu emprego na modelagem de tais casos, aplicou-se a metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão a um problema de decisão real envolvendo investimentos em sistemas de armazenagem em uma propriedade rural.

Trata-se de um agricultor (decisor), proprietário de parte das terras onde produz grãos, e também sócio de um armazém comercial (localizado em área urbana), que precisa decidir se investe ou não, em silos, em uma de suas propriedades, pois parte da infraestrutura já está construída. O decisor considerava, porém, que devia examinar e comparar as configurações possíveis do sistema, bem como outras opções de investimento. Também entendia que tais avaliações e comparações deveriam abarcar diversos aspectos, possibilidades e consequências que as alternativas disponíveis acarretam. Assim, não estava seguro sobre qual opção selecionar.

A aplicação da metodologia adotada iniciou-se com o estudo, descrição e detalhamento do contexto decisório do problema de decisão considerado, conforme apresentado no item 5.1.

5.1 – Contexto Decisório

O decisor tem como atividade principal a produção de grãos, embora também possua criação de bovinos. Sua produção agrícola está concentrada em três propriedades (é proprietário ou sócio de duas), todas situadas ao norte de Campo Grande (MS), ao longo da BR-163 – sentido fronteira com o Estado do Mato Grosso (MT).

Participa, ainda, de sociedade empresarial (possui 10% das cotas) que opera um armazém comercial instalado em São Gabriel do Oeste, cidade situada ao norte de Campo Grande (MS), também na BR-163. Ressalta-se que o produtor é um cliente do armazém e, portanto, incorre em custos de armazenagem (embora, como sócio, possa receber dividendos da empresa).

No tocante à produção agrícola, uma vez que toda ela escoar em direção aos portos das regiões Sudeste e Sul do país, quanto mais ao norte de Campo Grande (MS) estiver localizada cada propriedade na qual o decisor produz grãos, maiores são os custos de transporte e, conseqüentemente, menores os valores recebidos por tonelada de grãos na fazenda.

As características das propriedades⁹⁸, bem como de suas respectivas produções, estão descritas na Tabela A.1 do Anexo A. Já o armazém comercial, localizado na cidade de São Gabriel do Oeste (MS) e do qual o decisor também é sócio, tem suas características físicas e operacionais relacionadas na Tabela A.2 do Anexo A.

Além da descrição da estrutura produtiva do decisor (propriedades rurais e armazém), a caracterização do contexto decisório inclui as estratégias adotadas na comercialização e na movimentação (escoamento) dos grãos. Tais especificidades são apresentadas na Tabela 5.1.

Comercialização		
Soja	<i>Destino:</i>	Venda direta para o exterior
	<i>Entrega:</i>	Porto de Santos e, principalmente, Porto de Paranaguá.
	<i>Procedimentos:</i>	Acerto no contrato: local de entrega, valor, qualidade e demais características do produto comercializado.
	<i>Preço negociado:</i>	O preço tem como referência o porto. Assim, os valores negociados se referem ao produto colocado nos terminais portuários.
	<i>Riscos e restrições:</i>	- em função das grandes distâncias, incorre-se em prejuízo significativo quando o valor do frete sobe muito na safra/colheita; - o atraso no embarque é descontado no pagamento do produtor ⁹⁹ . Tais descontos são muito altos.
Milho	<i>Destino / entrega:</i>	Venda direta para confinamentos, porcarias e granjas.

⁹⁸ Uma vez que o armazém e as propriedades estão situadas ao norte de Campo Grande (MS) e a direção do escoamento da produção vai em seu sentido, a cidade foi adotada como referência geográfica. Assim, todas as distâncias são dadas em relação a ela.

⁹⁹ Após o embarque, os riscos e custos são assumidos pelo comprador, uma vez que o produtor se responsabiliza até a entrega no porto (embarque).

Logística e estratégias de escoamento dos grãos	
<i>Estratégia atual:</i>	<p>A cada safra escolhe-se o local de armazenagem dos grãos (soja) a partir do cálculo de mínimo custo, dado que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quanto mais próximo do porto, menor o deságio no preço do produto; - Quanto mais distante da fazenda, maior o custo de frete no pico da colheita.
<i>Alternativa:</i>	<p>Há a possibilidade de depositar a soja em <i>tradings</i>. Nesse caso, não há custo de armazenagem, mas custos de beneficiamento/recebimento dos grãos (limpeza, secagem e classificação), bem como custos de depreciação e perdas técnicas (desconto de 0,25% ao mês).</p> <p>Adotando tal opção, o produto deve ser vendido ao armazém custodiante (<i>trading</i>), sendo que o preço a ser pago é o “<i>de mercado</i>”.</p> <p>(Obs.: o preço fica dentro da faixa daquilo que se pode considerar como “<i>de mercado</i>”. Todavia, embute pequenos acréscimos ou descontos referentes ao armazenamento e ao prêmio logístico da <i>trading</i> – positivo ou negativo em relação à localização da fazenda/área produtora dos grãos).</p>
<i>Opção já utilizada no passado:</i>	<p>Para os grãos produzidos na P1, havia a alternativa de estocá-los em armazém próprio fora da propriedade rural (P1).</p> <p>Todavia, a instalação era próxima demais da área de produção (P1). Daí, o valor do frete até o porto, a partir do armazém, era o mesmo que a partir da propriedade rural.</p> <p>Assim, embora houvesse o custo de transporte da área de produção até o local de armazenagem, o produtor não obtinha “prêmio logístico”¹⁰⁰ pelo grão estar mais próximo do porto.</p> <p>Em função de tal limitação, o armazém foi vendido¹⁰¹.</p>

¹⁰⁰ Desconto obtido no deságio entre o preço da soja no porto e na propriedade rural.

¹⁰¹ Após vender esse armazém, muito próximo à P1, o produtor adquiriu cotas (10%) daquele descrito na Tabela A.2 do Anexo A.

<i>Projeto existente:</i>	Construção de 04 (quatro) silos com capacidade para 50 mil sacas cada um (total: 12 mil ton.) na propriedade rural P1 . Vida útil: 30 anos.
<i>Projeto alternativo:</i>	Construção de 03 (três) silos com capacidade para 30 mil sacas cada um (total: 5,4 mil ton.) na propriedade rural P1 . Vida útil: 30 anos.

Tabela 5.1 – Características Gerais da Comercialização e escoamento da Produção

Consoante o contexto decisório descrito acima, o problema de decisão em tela se refere a instalar ou não silos na **P1** e, em caso afirmativo, qual sua configuração. Adicionalmente, o horizonte de tempo do investimento é de 30 anos (vida útil do sistema de armazenagem).

Por fim, a caracterização do contexto decisório contempla a identificação do decisor(es) e ator(es). Assim, dado que a problemática se refere a investimentos na **P1**, os protagonistas da decisão considerada são:

- Produtor (entrevistado): **decisor** (pois é ele, sozinho, o responsável pelas decisões referentes à *PI*);
- Irmão (sócio): **ator** (pois não participa das decisões, embora seja sócio da *PI*).

Uma vez delimitado e caracterizado o contexto decisório, o passo seguinte foi identificar os objetivos visados pelo decisor, conforme disposto item 5.2.

5.2 – Identificação e Estruturação dos Objetivos Fundamentais

A partir de entrevistas com o decisor, foram identificados os objetivos concernentes à situação atual e que estão apresentados na Tabela 5.2.:

Objetivos do Investimento em Sistema de Armazenagem na Propriedade Rural
1 – Agregar valor à produção

2 – Aumentar a rentabilidade
3 – Sair do pico do frete
4 – Classificar grãos na propriedade
5 – Eliminar ou diminuir as perdas técnicas
6 – Ter maior flexibilidade na comercialização
7 – Reduzir custos
8 – Aumentar receitas
9 – Eliminar perdas no transporte
10 – Permitir segregação de grãos
11 – Aumentar a participação dos funcionários nos lucros
12 – Prestar serviços para terceiros
13 – Vender diretamente para “consumidor” final
14 – Garantir qualidade dos grãos
15 – Melhorar logísticas na colheita
16 – Eliminar gargalos no embarque: equipamentos de transbordo
17 – Permitir maior flexibilidade no planejamento da colheita
18 – Aproveitar resíduos de limpeza para alimentação animal
19 – Baixar custos de secagem dos grãos
20 – Diminuir riscos
21 – Aumentar volume de grãos operado
22 – Diminuir impactos ambientais
23 – Obter novas fontes de receita

24 – Aumentar opções estratégicas
25 – Evitar obsolescência de infraestrutura
26 – Evitar ociosidade de infraestrutura
27 – Evitar ociosidade de equipamentos
28 – Evitar ociosidade de recursos humanos
29 – Aumentar eficiência operacional
30 – Imobilizar o mínimo de capital

Tabela 5.2 – Objetivos Identificados

Os objetivos relacionados acima foram classificados em *meios* e *fundamentais*. Para tanto, para cada objetivo identificado, questionou-se: Por que esse objetivo é importante?

Quando a resposta indicava que o objetivo era útil para se atingir outro mais importante, foi classificado como *meio*. Já aqueles cujas importâncias eram explicadas por serem eles uma das “*razões essenciais*” que motivava decisão a ser tomada, ou ainda, caso representassem dimensões ou aspectos desses objetivos considerados “*razões essenciais*” da decisão, foram classificados como *objetivos fundamentais*.

Assim, a Hierarquia dos Objetivos Fundamentais, apresentada na Figura 5.1, foi organizada em níveis hierárquicos, ligados por linhas, onde os objetivos hierarquicamente inferiores representam especificações dos objetivos de nível mais alto. Os objetivos fundamentais são comentados no item 5.3, que trata dos atributos definidos para tais objetivos. A Rede de Objetivos Meios-fins foi construída unindo os objetivos em uma teia (os *meios* aos correspondentes *fins* ligados por setas), conforme apresentado no Anexo B.

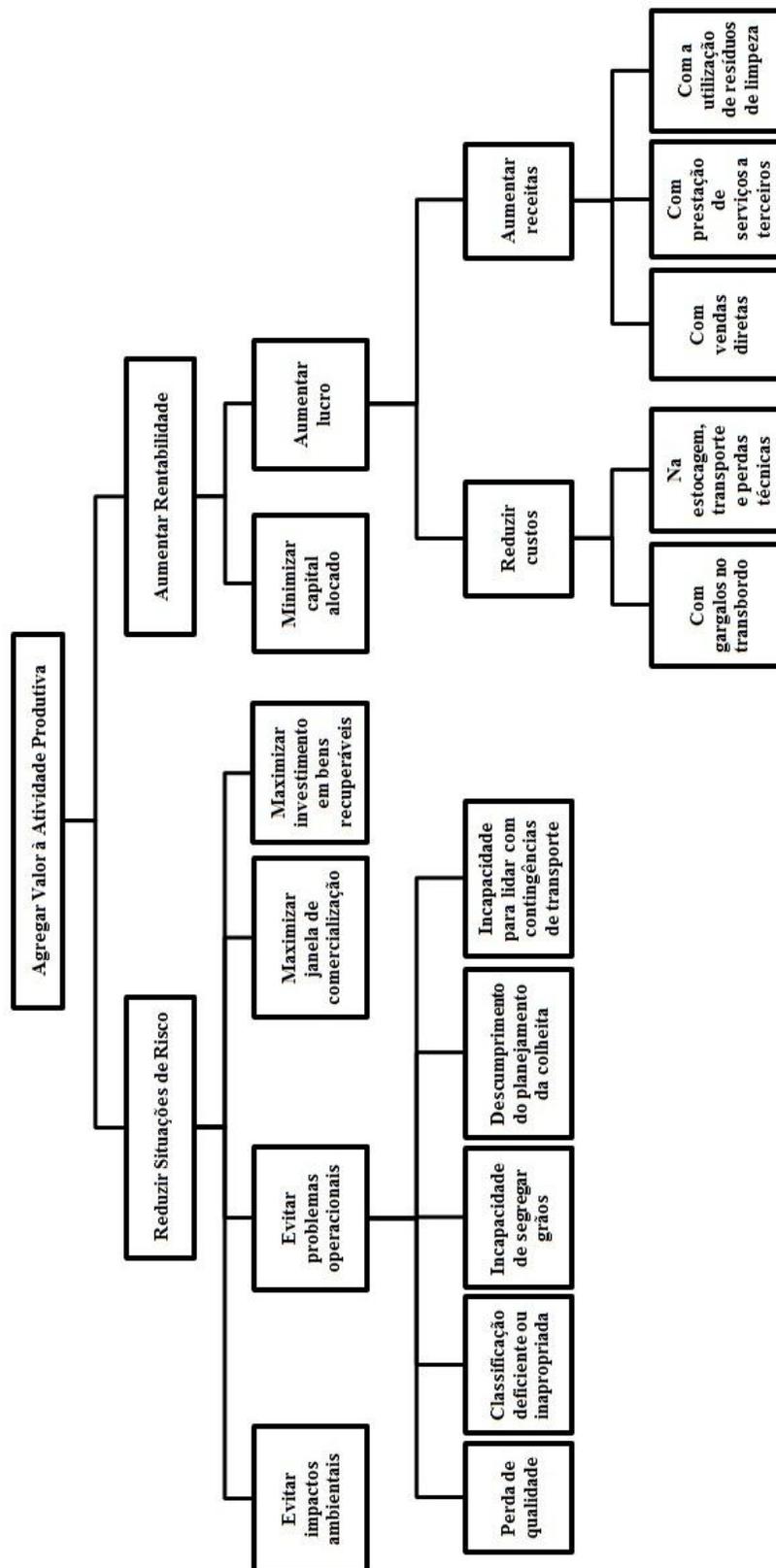


Figura 5.1 – Hierarquia dos Objetivos Fundamentais

5.3 – Atributos

Para cada objetivo fundamental do último nível da hierarquia, foi definido, com o decisor, um atributo para medi-lo. A seguir, são apresentados e comentados os objetivos fundamentais e seus respectivos atributos.

Objetivo Fundamental – Evitar Impactos Ambientais

Para este objetivo, o decisor preferiu considerar de forma qualitativa a gravidade dos impactos gerados pelas alternativas ao invés de mensurar tais impactos precisamente (incluindo os efeitos na produção, já que alguns deles, tais como erosão, contaminação do solo ou proliferação de insetos e roedores, afetam diretamente e negativamente a atividade agrícola).

Para tanto, utilizou um atributo construído que consiste em uma classificação dos impactos em níveis segundo o potencial de gravidade que representam à produção e também como causa de problemas legais. A caracterização e definição de cada nível foram baseadas nos “critérios para avaliar a importância de impactos ambientais” propostos por Erickson (1994, *apud* SÁNCHEZ, 2004, p. 9-2):

- ✓ *“Probabilidade de ocorrência;*
- ✓ *Magnitude;*
- ✓ *Duração;*
- ✓ *Reversibilidade;*
- ✓ *Relevância com respeito a determinações legais; e*
- ✓ *Distribuição social dos riscos e benefícios”.*

Assim, o atributo “Gravidade dos Impactos Ambientais” possui os níveis de impacto descritos na Tabela 5.3.

Gravidade dos Impactos Ambientais	
<u>Níveis de Impacto</u>	<u>Impactos gerados</u>
Insignificante	Não são gerados novos impactos. Aumento incremental de impactos já gerados pelas atividades atuais (baixa magnitude e baixa duração). Não impacta a produção e não gera problemas legais ou para terceiros.
Baixo	Consumo de combustíveis (geração de CO ₂). Geração de material particulado. Grande probabilidade de ocorrência, porém de baixa magnitude e baixa duração. Reversível. Nenhum ou baixo impacto na produção ou para terceiros. Baixa probabilidade de problemas legais.
Médio	Geração de CO ₂ e material particulado (menor controle de emissão). Maior proliferação de insetos e roedores. Grande probabilidade de ocorrência. Média magnitude. Baixa duração. Reversível. Baixo/médio impacto na produção. Baixa/média probabilidade de problemas legais. Eventuais problemas para terceiros (baixa magnitude).
Alto	Contaminação de solo. Contaminação de cursos d'água e lençol freático. Média a alta magnitude. Média a baixa reversibilidade. Médio a alto impacto na produção. Alta probabilidade de problemas legais. Impactos de média a alta magnitude para terceiros.

Tabela 5.3 – Atributo “Gravidade dos Impactos Ambientais”

Objetivo Fundamental – Evitar Problemas Operacionais – Perda de Qualidade

O atributo “Controle de Qualidade” foi definido como indicador dos níveis de impacto das alternativas para esse aspecto dos Problemas Operacionais. Dessa forma, o produtor pode ter nenhuma, baixa, média ou alta capacidade de garantir a qualidade de seu produto (nível de impurezas e depreciação dos grãos, umidade, temperatura e focos de ataques de insetos ou roedores) até a venda do produto.

Destarte, o atributo “Controle de Qualidade” apresenta os níveis de impacto mostrados na Tabela 5.4.

Controle de Qualidade	
<u>Níveis de Impacto</u>	<u>Estrutura existente para controle de qualidade</u>
Nenhum	Produtor não tem como controlar, medir ou garantir a qualidade do produto vendido.
Baixo	Produtor dispõe de equipamentos e estruturas de terceiros para garantir qualidade de grãos. Serviços precários.
Médio	Produtor dispõe de equipamentos e estruturas em sociedade com terceiros. Possui equipamentos próprios, porém menos eficientes ou não dispondo um sistema completo de armazenagem (controle de temperatura, por exemplo).
Alto	Produtor dispõe de equipamentos e estruturas próprias (sistema completo de armazenagem).

Tabela 5.4 – Atributo “Controle de Qualidade”

Objetivo Fundamental – Evitar Problemas Operacionais – Classificação Inadequada ou Inapropriada

Já o atributo “Controle de Classificação” foi definido como indicador dos níveis de impacto das alternativas no que se refere à capacidade de realizar e controlar o processo de classificação dos grãos. De acordo com o decisor, pode-se ter nenhuma, baixa, média ou alta capacidade de executar e garantir uma classificação adequada de seu produto¹⁰². Os níveis de impacto desse atributo são apresentados na Tabela 5.5.

Controle de Classificação	
<u>Níveis de Impacto</u>	<u>Serviços de classificação</u>
Nenhum	Produtor não tem meios (equipamentos disponíveis), próprios ou de terceiros, para classificar produtos.
Baixo	Serviço prestado por terceiros.
Médio	Serviços prestados por terceiros, porém produtor tem maior controle ou confiança no processo.
Alto	Classificação é feita com equipamentos próprios ou o produtor tem pleno controle do processo.

Tabela 5.5 – Atributo “Controle de Classificação”

¹⁰² Ressalta-se que o controle da classificação difere do controle da qualidade. Enquanto o primeiro se refere à capacidade de beneficiar os grãos atendendo os padrões comerciais (impurezas, grãos trincados, etc.), o segundo diz respeito à capacidade de manter a qualidade dos grãos no longo prazo, ou seja, se as condições de estocagem permitem manter os padrões alcançados no beneficiamento após a colheita.

Objetivo Fundamental – Evitar Problemas Operacionais – Incapacidade de Segregar Grãos

O atributo “Capacidade de Segregação” foi definido como indicador dos níveis de impacto das alternativas para esse aspecto operacional da produção e comercialização. Nesse contexto, o produtor pode ter nenhuma, baixa, média, boa ou alta capacidade de segregar grãos, em função da existência de armazéns, o controle que o produtor possui sobre eles e sobre as respectivas atividades de manutenção (limpeza, principalmente), bem como em qual quantidade de silos se divide a capacidade total de estocagem (por exemplo, 3 mil toneladas em um silo para 50 mil sacas ou em dois silos para 25 mil sacas cada um).

Dessa forma, o atributo “Capacidade de Segregação” apresenta os seguintes níveis de impacto (Tabela 5.6):

Capacidade de Segregação	
<u>Níveis de Impacto</u>	<u>Condições de segregação</u>
Nenhum	Produtor não tem como segregar grãos, seja em estruturas próprias ou de terceiros.
Baixo	Produtor tem acesso a armazéns de terceiros, mas sem controle da operação. Baixa capacidade e controle sobre a segregação dos grãos.
Médio	Produtor possui estrutura própria para estocagem de grãos. Estrutura sem divisões. Silo único.
Bom	Produtor possui estrutura própria para estocagem de grãos. Duas a três divisões/silos.
Alto	Produtor possui estrutura própria para estocagem de grãos. Quatro ou mais divisões/silos.

Tabela 5.6 – Atributo “Capacidade de Segregação”

Objetivo Fundamental – Evitar Problemas Operacionais – Descumprimento do Planejamento da Colheita

Para representar o nível de impacto de cada alternativa no que se refere à capacidade de garantir o cumprimento do planejamento da colheita, foi definido o atributo “Controle da Colheita”. Dessa forma, o produtor pode ter nenhuma, baixa, média ou alta capacidade de garantir o planejamento da colheita. Ou seja, conforme possua estruturas de armazenagem mais ou menos próximas da área de produção, maior ou menor será a probabilidade de se cumprir o planejamento feito (e contratado) para a colheita, uma vez que se tornam mais previsíveis os ciclos de produção dos equipamentos (colheitadeiras, tratores e caminhões).

Assim, o atributo “*Controle da Colheita*” apresenta os seguintes níveis de impacto (Tabela 5.7):

Controle da Colheita	
<i>Níveis de Impacto</i>	<i>Condições de armazenagem</i>
Nenhum	Produtor não tem onde armazenar grãos, seja em estruturas próprias ou de terceiros. O cumprimento do fluxograma da colheita fica condicionado às condições climáticas e à capacidade de escoamento do comprador do produto.
Baixo	Produtor tem acesso a armazéns de terceiros (localizados fora da propriedade) e, portanto, tem onde depositar a produção sem depender de compradores. Por serem armazéns de terceiros e estarem localizados fora da propriedade, o produtor tem restrições no uso de tais estruturas.
Médio	Produtor possui armazéns localizados fora da propriedade e, portanto, tem onde depositar a produção sem depender de compradores e pode utilizar tais estruturas com grande flexibilidade. Porém há a restrição da localização (fora da propriedade), o que limita a eficiência dos ciclos de produção dos equipamentos.
Alto	Produtor possui estrutura própria para estocagem de grãos na propriedade rural. Possui grande flexibilidade na utilização de tais instalações e obtém baixos desvios nos ciclos de produção dos equipamentos envolvidos na colheita (colheitadeiras, tratores e caminhões).

Tabela 5.7 – Atributo “Controle da Colheita”

Objetivo Fundamental – Evitar Problemas Operacionais – Incapacidade para Lidar com Contingências de Transporte

Para mensurar o nível de impacto de cada alternativa no que se refere à capacidade de evitar contingências de transporte durante a colheita, foi definido o atributo “*Capacidade de Armazenagem em Contingências*”. Destarte, tal atributo é dado em percentagem (%) em relação à produção e representa o quanto o produtor possui de capacidade de estocagem **próxima à área de produção**¹⁰³, de forma a ser capaz de estocar produtos mesmo na hipótese de uma contingência de transporte durante a colheita (falha no serviço de transporte contratado ou do comprador do produto). O atributo “*Capacidade de Armazenagem em Contingências*” apresenta os seguintes níveis de impacto (Tabela 5.8):

¹⁰³ Este atributo difere do anterior porque se refere somente à capacidade de armazenagem instalada na propriedade (ou muito próxima dela), não importando se o produtor possui armazéns (próprio ou de terceiros) situados longe da área de produção, pois esses últimos contribuem para o planejamento da colheita, porém não úteis em caso de falhas ou contingências de transporte na colheita.

Cap. de Armazenagem em Contingências	
Níveis de impacto	0%
	50%
	100%

Tabela 5.8 – Atributo “Capacidade de Armazenagem em Contingências”

Obs.: Embora a capacidade de armazenagem (medida em termos absolutos ou percentuais) seja uma variável contínua, foram estabelecidos níveis para o atributo, tal como uma variável discreta, para facilitar a construção da função de valor do atributo.

Objetivo Fundamental – **Maximizar Janela de Comercialização**

Para representar os níveis possíveis de capacidade de comercialização, em termos de horizonte de tempo (janela de comercialização), foi definido o atributo “Capacidade Estática de Armazenagem”, que exprime, em porcentagem (%), a capacidade de estocagem do produtor em relação à sua produção. Assim, quanto maior for tal capacidade, mais tempo o decisor pode manter produtos estocados sem necessidade de liberar espaço para armazenar novas safras.

Para o atributo “Capacidade Estática de Armazenagem” foram definidos seguintes níveis de impacto (Tabela 5.9):

Capacidade Estática de Armazenagem	
Níveis de impacto	0%
	50%
	100%
	150%
	200%
	220%

Tabela 5.9 – Atributo “Capacidade Estática de Armazenagem”

Obs.: Embora a capacidade estática (medida em termos absolutos ou percentuais) seja uma variável contínua, foram estabelecidos níveis para o atributo, tal como uma variável discreta, por dois motivos: primeiramente para facilitar a construção da função de valor do atributo e, em segundo lugar, porque muitos silos são fabricados em tamanhos pré-definidos e, portanto, na prática, mesmo com a combinação de tamanhos diferentes não é possível atingir exatamente todos os volumes possíveis, tal como se espera de uma variável contínua. Assim, o decisor tem que escolher entre diferentes níveis discretos de estocagem.

Objetivo Fundamental – **Maximizar Investimentos em Bens Recuperáveis**

Foi definido o atributo “*Investimento Recuperável*” para representar o percentual (%) do capital investido que pode ser recuperado na hipótese da propriedade rural ser direcionada a outro tipo de produção. Pode ser expresso nos seguintes níveis de impacto (Tabela 5.10):

Investimento Recuperável	
<i>Níveis de impacto</i>	0%
	50%
	100%

Tabela 5.10 – Atributo “Investimento Recuperável”

Obs.: Embora o investimento recuperável seja uma variável contínua, foram estabelecidos níveis para o atributo, tal como uma variável discreta, por dois motivos: primeiramente para facilitar a construção da função de valor do atributo e, em segundo lugar, dada a incerteza em estabelecer qual montante seria recuperável, o decisor preferiu apenas indicar um nível de recuperação do capital investido, representando três situações distintas: quando todo o investimento é recuperável, quando nada pode ser recuperado e quando parte dele pode ser reaproveitado ou revendido (e nesse caso, o decisor entendeu que essa fração seria, aproximadamente, 50% do montante investido). Observa-se que o decisor preferiu tratar o atributo de forma qualitativa, nada obstante trata-se de variável quantificável (um percentual do valor investido),

Objetivo Fundamental – Minimizar Capital Alocado

Uma vez que as alternativas existentes representam soluções com vidas úteis distintas, e custos de depreciação¹⁰⁴ idem, foi escolhido o atributo “*Custo Anual de Capital*” para representar o Objetivo Fundamental “*Minimizar Capital Alocado*”.

Tal atributo é composto pela amortização do investimento¹⁰⁵, considerando a vida útil de cada alternativa¹⁰⁶, e seus custos de depreciação. Para o cálculo da amortização, foi considerada uma taxa de juros de 6,75% ao ano (custo de capital), pois trata-se daquela que é praticada no financiamento rural¹⁰⁷, bem como representa, aproximadamente, o custo de oportunidade do decisor (poupança). Ressalta-se que o valor residual¹⁰⁸ não compõe esse atributo. Conquanto seja um “reduzidor” do “custo anual de capital”, o decisor entendeu que o valor residual está subordinado à localização e ao perfil futuro da produção e, portanto, está sendo considerado no atributo “*Investimento Recuperável*”. O atributo “*Custo Anual de Capital*” é representado pelos seguintes níveis de impacto (Tabela 5.11):

Custo Anual de Capital	
<i>Níveis de impacto</i>	Nenhum (zero)
	R\$ 100 mil
	R\$ 200 mil
	R\$ 300 mil
	R\$ 340 mil

Tabela 5.11– Atributo “Custo Anual de Capital”

¹⁰⁴ Não se trata aqui do conceito contábil e sim da **depreciação física**, referente à deterioração das instalações ao longo do tempo e seus **custos de manutenção, consertos e reformas**.

¹⁰⁵ A amortização do investimento corresponde aos pagamentos anuais durante sua vida útil (ou o prazo do financiamento), de modo a ressarcir o principal mais juros. Trata-se, assim, de uma série finita de pagamentos em intervalos regulares (nesse estudo, anuais) que, trazida a Valor Presente a uma determinada taxa de juros (custo do capital), corresponda ao investimento inicial (GITMAN, 2001).

¹⁰⁶ Embora o horizonte de análise seja de 30 anos, correspondente a vida útil de um sistema de armazenamento por silos graneleiros. Alternativas com vidas úteis diferentes são “reinvestidas” (ZANFELICE, 1999).

¹⁰⁷ Há diversas taxas de financiamento rural, conforme destinação (custeio e irrigação, entre outros), localização (região do Brasil) e porte do produtor. Aqui se adotou a mais recorrente nas linhas existentes e acessíveis ao decisor.

¹⁰⁸ O valor do bem após a sua vida útil (depreciação contábil ou real).

Obs.: Embora se trate de variável contínua, foram estabelecidos níveis para o atributo, tal como uma variável discreta, para facilitar a construção da função de valor do atributo.

Objetivo Fundamental – Reduzir Custos de Gargalos no Transbordo

Para tal objetivo, foi definido o atributo “Redução de Custos - Transbordo” que representa o **potencial** de economia total (redução de custos em R\$/ano) com as operações de transbordo na safra “verão”. Ressalta-se a natureza incerta e variável de tal benefício, uma vez que os custos de transbordo podem não sofrer acréscimos em função de gargalos (os quais, caso sejam eliminados, geram o retorno aqui considerado). O atributo “Redução de Custos - Transbordo” apresenta os seguintes níveis de impacto (Tabela 5.12):

Redução de Custos - Transbordo	
<i>Níveis de impacto</i>	Nenhum (zero)
	R\$ 10 mil / ano
	R\$ 17 mil / ano

Tabela 5.12 – Atributo “Redução de Custo - Transbordo”

Obs.: Embora se trate de uma variável contínua, foram estabelecidos níveis para o atributo, tal como uma variável discreta, para facilitar a construção da função de valor do atributo.

Objetivo Fundamental – Reduzir Custos de Estocagem, Transporte e Perdas

Foi definido o atributo “Redução de Custos - Estocagem”, expresso em R\$/ano, que representa a economia total¹⁰⁹ obtida na safra “verão”, bem como aquela derivada da diminuição das *perdas técnicas*¹¹⁰ (no caso em tela, o produtor estima que suas perdas se reduzirão para

¹⁰⁹ Nos serviços de limpeza, secagem, classificação e armazenagem.

¹¹⁰ Em armazéns comerciais, o volume de grãos (em toneladas) estocado ou depositado, é diminuído à taxa de 0,25% ao mês, de acordo com as normativas vigentes.

0,05% ao mês¹¹¹). Para esse atributo, foram estabelecidos os níveis de impacto mostrados na Tabela 5.13.

Redução de Custos - Estocagem	
Níveis de impacto	Nenhum (zero)
	R\$ 100 mil / ano
	R\$ 150 mil / ano
	R\$ 200 mil / ano
	R\$ 260 mil / ano

Tabela 5.13 – Atributo “Redução de Custos - Estocagem”

Obs.: Embora se trate de uma variável contínua, foram estabelecidos níveis para o atributo, tal como uma variável discreta, para facilitar a construção da função de valor do atributo.

Objetivo Fundamental – **Aumentar Receitas – Com Venda Direta**

Para representar o nível de impacto de cada alternativa no que se refere à capacidade de realizar vendas diretas, foi definido o atributo “*Capacidade de Venda Direta*”. De acordo com a capacidade de armazenamento do produtor, a possibilidade de vender diretamente seu produto aos consumidores finais (ou, no mínimo, participantes da cadeia situados à frente das *tradings*) pode ser nenhuma, baixa, média, boa ou alta, conforme descrito na Tabela 5.14.

Embora “receita” seja uma variável que pode ser mensurada diretamente em termos de valores monetários, o decisor entendeu que no problema considerado é difícil estimar qual seria o ganho que teria com a venda direta e, portanto, preferiu apenas apontar, qualitativamente, qual seria o nível de independência (em função da sua capacidade de estocagem) que teria para negociar diretamente com participantes bem à frente na cadeia produtiva.

¹¹¹ Para calcular os valores a serem economizados, foi considerado, com base em estimativa do decisor, um período de estocagem, em média, de 06 (seis) meses. Já a tonelada de soja foi precificada em R\$ 625,00.

Capacidade de Venda Direta	
<i>Níveis de Impacto</i>	<i>Possibilidades de comercialização</i>
Nenhum	Produtor não tem condições de armazenar e ou escoar a produção para diversos destinos. Deficiências estruturais (inexistência de serviços de armazenagem e transporte e precariedade de rodovias) impedem comercialização cuja entrega seja distante ou escalonada ao longo do tempo.
Baixo	Produtor não tem condições de armazenar a produção. Comercialização muito limitada em função de infraestrutura insuficiente ou inexistente. Dificuldades para entrega escalonada ao longo do tempo.
Médio	Produtor tem condições de armazenar a produção. É possível a entrega escalonada ao longo do tempo, porém a comercialização ainda é limitada por condições de armazenagem não ideais (armazéns de terceiros).
Bom	Produtor tem condições de armazenar a produção. É possível a entrega escalonada ao longo do tempo. Boa capacidade de comercialização, porém com algumas limitações (armazéns em sociedade ou com limitações de uso, fora da propriedade ou distantes. Sistemas não completos de armazenagem).
Alto	Produtor tem condições de armazenar a produção. É possível a entrega escalonada ao longo do tempo. Ótima capacidade de comercialização: sistema completo de armazenagem, próprio e localizado na propriedade (ou muito próximo).

Tabela 5.14 – Atributo “Capacidade de Venda Direta”

Objetivo Fundamental – **Aumentar Receitas – Com Prestação de Serviços**

O atributo “*Capacidade de Prestação de Serviço*” foi definido como indicador dos níveis de impacto das alternativas para esse aspecto da formação das receitas do produtor. Nesse contexto, a capacidade de prestar serviços a terceiros (secagem, classificação e armazenagem) está diretamente vinculada à capacidade estática e localização do armazém e foi considerada pelo decisor como sendo: nenhuma, baixa, média, boa ou alta (Tabela 5.15).

Embora pudesse estabelecer um atributo quantitativo dado em valores monetários, o decisor também entendeu que no seu contexto decisório é difícil projetar qual seriam as receitas que poderá auferir com a prestação de serviços. Portanto, também preferiu apenas apontar, qualitativamente, qual seria sua capacidade de prestar tais serviços (em função da sua capacidade de estocagem e da localização de tais estruturas).

Capacidade de Prestação de Serviços	
<i>Níveis de Impacto</i>	<i>Infraestrutura existente para prestação de serviços a terceiros</i>
Nenhum	Não há infraestrutura para prestação de serviços a terceiros.
Baixo	Produtor possui infraestrutura para prestação de serviços a terceiros, porém apresenta muitas limitações: armazéns em sociedade; baixa capacidade estática; localização inadequada para os tomadores de serviços; sistema de armazenagem não completo ou com limitações de uso.
Médio	Produtor possui infraestrutura para prestação de serviços a terceiros. Sistema completo de armazenagem. Apresenta mais de uma limitação (baixa capacidade estática; localização ou existência de sociedade).
Bom	Produtor possui infraestrutura para prestação de serviços a terceiros. Sistema completo de armazenagem e capacidade estática, no mínimo, razoável. Apresenta alguma limitação: localização inadequada para os tomadores de serviços ou existência de sociedade.
Alto	Produtor possui infraestrutura própria para prestação de serviços a terceiros. Sistema completo de armazenagem e boa capacidade estática. Boa localização para a logística dos tomadores de serviços.

Tabela 5.15 – Atributo “Capacidade de Prestação de Serviços”

Objetivo Fundamental – Aumentar Receitas – Com Utilização de Resíduos

Para representar a possibilidade que cada alternativa oferece no que se refere à capacidade de utilizar resíduos da limpeza dos grãos, foi definido o atributo “Utilização de Resíduos”. Assim, de acordo com a alternativa selecionada, é possível, ou não, o aproveitamento do resíduo da limpeza dos grãos.

Embora também fosse possível definir um atributo quantitativo expresso em valores monetários para tal objetivo, o decisor entendeu que, por serem muito baixos os ganhos proporcionados pelos resíduos (a venda gera baixa receita e a utilização na propriedade como ração também não permite uma redução mensurável e/ou significativa de custos com a alimentação animal), é preferível apenas indicar se a alternativa oferece a possibilidade de utilização dos resíduos (venda ou ração) ou não (quando, por exemplo, o produtor utiliza serviços de armazenagem de terceiros).

Dessa forma, o atributo “Utilização de Resíduos” expressa os seguintes níveis de impacto (Tabela 5.16):

Utilização de Resíduos	
<i>Níveis de Impacto</i>	<i>Possibilidades de uso</i>
Nenhum	Resíduos produzidos nos processos de limpeza e classificação não são utilizados pelo proprietário. Beneficiamento e armazenagem em estruturas de terceiros.
Total	Proprietário utiliza resíduos no preparo de rações animais. Venda eventual. Beneficiamento dos grãos em estrutura própria.

Tabela 5.16 – Atributo “Utilização de Resíduos”

5.4 – Alternativas

Não obstante o mencionado projeto de construção de silos existente (04 silos com capacidade total de 12 mil ton.), bem como a sua variante (03 silos com capacidade total de 5,4 mil ton.), mais alternativas foram construídas com o decisor.

Assim, foram consideradas, no total, 06 (seis) alternativas para o problema de decisão em tela. Ressalta-se que a opção “*Comprar caminhões*” não foi considerada, pois o decisor, no passado, já operou com tais equipamentos e descarta voltar a investir em caminhões.

As alternativas estão apresentadas a seguir. Os níveis de impacto dos atributos para cada uma delas foram obtidos a partir de entrevistas com o decisor e estão descritos na Tabela 5.17.

- 1) *Não construir armazéns*¹¹²
- 2) *Construir 04 silos metálicos de 50 mil sacas (12 mil ton.) na propriedade (P1)*
- 3) *Construir 03 silos metálicos de 30 mil sacas (5,4 mil ton.) na propriedade (P1)*

¹¹² A opção “*não fazer nada*” deve ser sempre considerada, como uma alternativa “básica”.

- 4) Aumentar participação no capital do armazém comercial do qual é sócio (Compra de 10% das cotas. Participação final: 20%)
- 5) Construir 04 silos metálicos de 50 mil sacas (12 mil ton.) fora da propriedade rural (local próximo da P1)
- 6) Utilização/instalação de 30 silobags¹¹³ na P1 (180 ton. cada → Cap. total: 5,4 mil ton.)

ALTERNATIVA 01 – Não construir novos armazéns	
Gravidade dos Impactos Ambientais	Insignificante
Controle de Qualidade	Médio
Classificação dos Grãos	Médio
Segregação dos Grãos	Baixo
Controle da Colheita (garantir o planejamento)	Médio
Capacidade de Armazenagem em Contingências ¹¹⁴ (evitar interrupções na colheita)	0%
Capacidade Estática de Armazenagem ¹¹⁵ (cap. resultante em % em relação à produção da P1)	71% (capacidade atual)
Investimento Recuperável	100% (não há risco de capital)
Custo Anual de Capital	Não há custos anuais (R\$ 0,00).

¹¹³ Envólucros (“bolsas”) de plástico, hermeticamente fechados, utilizados para armazenar grãos ou demais produtos agrícolas (rações, por exemplo). São depositados no solo e aparentam “salsichões” devido ao comprimento.

¹¹⁴ Para o cálculo da capacidade de armazenagem em contingências (em %) em relação à produção total da P1, foram adotadas as seguintes premissas: produção de 50 sacos (60 kg) por hectare e cultivo total nos 2.800 hectares da propriedade (100% soja).

¹¹⁵ Para o cálculo da capacidade estática (em %) em relação à produção total da P1, foram adotadas as seguintes premissas: produção de 50 sacos (60 kg) por hectare e cultivo total nos 2.800 hectares da propriedade (100% soja).

Redução de custos ¹¹⁶	<i>Transbordo (gargalos na colheita)</i>	Não há redução de custo (R\$ 0,00).
	<i>Estocagem (transporte, limpeza, secagem, armazenagem e perdas técnicas)</i>	Não há redução de custos (R\$ 0,00) <i>Perdas técnicas: máxima (0,25% ao mês). Não há redução de custos gerais.</i>
Capacidade de Venda Direta		Bom
Capacidade de Prestação de Serviços		Médio
Utilização de Resíduos		Nenhum
ALTERNATIVA 02 – Construir 04 silos metálicos de 50 mil sacas cada (cap. total: 12 mil ton.) na propriedade (P1)		
Gravidade dos Impactos Ambientais		Baixo
Controle de Qualidade		Alto
Classificação dos Grãos		Alto
Segregação dos Grãos		Alto
Controle da Colheita (garantir o planejamento)		Alto
Capacidade de Armazenagem em Contingências (evitar interrupções na colheita)		143%
Capacidade Estática de Armazenagem (cap. resultante em % em relação à produção da P1)		214%
Investimento Recuperável		50%
Custo Anual de Capital		<p style="text-align: center;"><u>Custos totais: R\$ 251.144,51 / ano</u></p> <p>✓ Investimento: R\$ 2,2 a 2,4 milhões (valor adotado - média: R\$ 2,28 milhões) → custo de amortização (6,75% a.a. e vida útil: 30 anos) = R\$ 179.144,51 / ano</p> <p>✓ Custo de depreciação: R\$ 6 mil / mês → R\$ 72 mil / ano</p>

¹¹⁶ Para o cálculo da redução de custos, considerou-se: (i) somente safra “verão”; (ii) produção 100% soja (embora na última safra 25% da área tenha sido cultivada com milho, historicamente a produção é totalmente soja); (iii) produtividade: 50 sacas/hectare (Produção total: 8.400 toneladas de soja); e (iv) quantidade de soja cuja movimentação tem o custo reduzido: o total produzido ou a capacidade da infraestrutura instalada (quando menor que a produção total).

Redução de custos	<i>Transbordo</i> (gargalos na colheita)	Redução de custo (transbordo): R\$ 16,8 mil / ano <i>Redução de custos: R\$ 2,00 / ton. movimentada → redução total de custos (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação > produção)</i>
	<i>Estocagem</i> (transporte, limpeza, secagem, armazenagem e perdas técnicas)	Redução de custo (estocagem): R\$ 256.200,00 / ano ✓ <i>Perdas técnicas: redução para 0,05% ao mês (R\$ 7,50/ton.ano¹¹⁷) → redução de custo total com perdas técnicas (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação > produção) = R\$ 63 mil / ano</i> ✓ <i>Redução de custos gerais¹¹⁸: R\$ 23,00/ton. → redução custos gerais (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação > produção) = R\$ 193,2 mil / ano</i>
Capacidade de Venda Direta		Alto
Capacidade de Prestação de Serviços		Bom
Utilização de Resíduos		Total
ALTERNATIVA 03 – Construir 03 silos metálicos de 30 mil sacas cada (cap. total: 5,4 mil ton.) na propriedade (PI)		
Gravidade dos Impactos Ambientais		Baixo
Controle de Qualidade		Alto
Classificação dos Grãos		Alto
Segregação dos Grãos		Bom
Controle da Colheita (garantir o planejamento)		Alto
Capacidade de Armazenagem em Contingências (evitar interrupções na colheita)		64%
Capacidade Estática de Armazenagem (cap. resultante em % em relação à produção da PI)		136%
Investimento Recuperável		50%

¹¹⁷ Para o cálculo do custo das perdas técnicas foram adotadas as seguintes premissas: estocagem pelo período médio de 06 (seis) meses e custo de R\$ 625,00 por tonelada de soja.

¹¹⁸ Redução de custos **líquida**. Ou seja, já descontadas as despesas operacionais, hoje inexistentes, do sistema de armazenagem: mão de obra, energia elétrica e calorífica (lenha, gás natural ou GLP), inseticidas (expurgo) e seguro.

Custo Anual de Capital		<p align="center">Custos totais: R\$ 128.615,03 / ano</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Investimento: R\$ 1,0 a 1,1 milhão (valor adotado - média: R\$ 1,03 milhão) → custo de amortização (6,75% a.a. e vida útil: 30 anos) = R\$ 80.615,03 / ano ✓ Custo de depreciação: R\$ 4 mil / mês → R\$ 48 mil / ano
Redução de custos	<i>Transbordo</i> (gargalos na colheita)	<p>Redução de custo (transbordo): R\$ 10,8 mil / ano</p> <p><i>Redução de custos: R\$ 2,00 / ton. movimentada → redução total de custos (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação < produção)</i></p>
	<i>Estocagem</i> (transporte, limpeza, secagem, armazenagem e perdas técnicas)	<p>Redução de custo (estocagem): R\$ 164.700,00 / ano</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Perdas técnicas</u>: redução para 0,05% ao mês (R\$ 7,50/ton.ano) → redução de custo total com perdas técnicas (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação < produção) = R\$ 40,5 mil / ano ✓ <u>Redução de custos gerais</u>: R\$ 23,00/ton. → redução custos gerais (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação < produção) = R\$ 124,2 mil / ano
Capacidade de Venda Direta		Alto
Capacidade de Prestação de Serviços		Médio
Utilização de Resíduos		Total
ALTERNATIVA 04 – Aumentar participação no capital do armazém comercial do qual é sócio (Compra de 10% das cotas. Participação final: 20%)¹¹⁹		
Gravidade dos Impactos Ambientais		Insignificante
Controle de Qualidade		Médio
Classificação dos Grãos		Médio
Segregação dos Grãos		Baixo
Controle da Colheita (garantir o planejamento)		Médio

¹¹⁹ Uma vez que o produtor é um cliente, incorre em custos de armazenagem. Assim, o maior benefício dessa alternativa é aumentar a capacidade garantida de armazenagem, já que o rendimento da atividade comercial (prestação de serviços a terceiros), que dobraria em relação à situação atual, está sendo tratado de forma qualitativa.

Capacidade de Armazenagem em Contingências (evitar interrupções na colheita)		0%
Capacidade Estática de Armazenagem (cap. resultante em % em relação à produção da PI)		143% (capacidade atual)
Investimento Recuperável		100%
Custo Anual de Capital		Custos totais: R\$ 99.000,92 / ano ✓ Investimento: R\$ 1,2 a 1,32 milhão (valor adotado - média: R\$ 1,26 milhão) → custo de amortização (6,75% a.a. e vida útil: 30 anos) = R\$ 99.000,92 / ano ✓ Custo de depreciação: R\$ 0,00 / mês → R\$ 0,00 / ano (pagos pela atividade comercial do armazém)
Redução de custos	Transbordo (gargalos na colheita)	Não há redução de custo (R\$ 0,00).
	Estocagem (transporte, limpeza, secagem, armazenagem e perdas técnicas)	Não há redução de custos (R\$ 0,00) Perdas técnicas: máxima (0,25% ao mês). Não há redução de custos gerais.
Capacidade de Venda Direta		Bom
Capacidade de Prestação de Serviços		Bom
Utilização de Resíduos		Nenhum
ALTERNATIVA 05 – Construir 04 silos metálicos de 50 mil sacas cada (cap. total: 12 mil ton.) fora da propriedade rural (local próximo da PI)¹²⁰		
Gravidade dos Impactos Ambientais		Baixo
Controle de Qualidade		Alto
Classificação dos Grãos		Alto
Segregação dos Grãos		Alto
Controle da Colheita (garantir o planejamento)		Médio
Capacidade de Armazenagem em Contingências (evitar interrupções na colheita)		0%
Capacidade Estática de Armazenagem (cap. resultante em % em relação à produção da PI)		214%
Investimento Recuperável		100%

¹²⁰ Embora tal alternativa se trata de uma atividade empresarial, o ganho advindo de sua atuação comercial (prestação de serviços a terceiros) está sendo tratada somente de forma qualitativa.

Custo Anual de Capital		<p align="center">Custos totais: R\$ 337.716,46 / ano</p> <p>✓ Investimento: R\$ 3 milhões → custo de amortização (6,75% a.a. e vida útil: 30 anos) = R\$ 235.716,46 / ano</p> <p>Custo de depreciação: R\$ 8.500 / mês → R\$ 102.000 / ano¹²¹</p>
Redução de custos	<i>Transbordo</i> (gargalos na colheita)	<p>Redução de custo (transbordo): R\$ 16,8 mil / ano</p> <p><i>Redução de custos: R\$ 2,00 / ton. movimentada → redução total de custos (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação > produção)</i></p>
	<i>Estocagem</i> (transporte, limpeza, secagem, armazenagem e perdas técnicas)	<p>Redução de custo (estocagem): R\$ 172.200,00 / ano</p> <p>✓ <u>Perdas técnicas</u>: redução para 0,05% ao mês (R\$ 7,50/ton.ano) → redução de custo total com perdas técnicas (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação > produção) = R\$ 63 mil / ano</p> <p>✓ <u>Redução de custos gerais</u>: R\$ 13,00/ton. → redução custos gerais (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação > produção) = R\$ 109,2 mil / ano</p>
Capacidade de Venda Direta		Alto
Capacidade de Prestação de Serviços		Alto
Utilização de Resíduos		Total
ALTERNATIVA 06 – Instalação de 30 silobags na PI (cap. total: 5,4 mil ton.)		
Gravidade dos Impactos Ambientais		Médio
Controle de Qualidade		Médio
Classificação dos Grãos		Alto
Segregação dos Grãos		Alto
Controle da Colheita (garantir o planejamento)		Alto
Capacidade de Armazenagem em Contingências (evitar interrupções na colheita)		64%

¹²¹ Diferentemente da alternativa 04, os custos de depreciação foram incluídos, pois essa opção tem como prioridade a redução de custos para o produtor (e tal redução está sendo considerada), enquanto que naquela a atividade comercial é priorizada (e não há redução de custos).

Capacidade Estática de Armazenagem <i>(cap. resultante em % em relação à produção da P1)</i>		136%
Investimento Recuperável		50%
Custo Anual de Capital		<p align="center"><u>Custos totais: R\$ 108.000 / ano</u></p> <p>✓ <i>Investimento: R\$ 3.600,00 por “silobag” (capacidade: 180 toneladas) → custo anual (vida útil: uma safra, pois é utilizado uma única vez) = R\$ 108.000 / ano</i></p> <p>✓ <i>Custo de depreciação: R\$ 0,00 / mês → R\$ 0,00 / ano</i></p>
Redução de custos	<i>Transbordo (gargalos na colheita)</i>	<p><u>Redução de custo (transbordo): R\$ 10,8 mil / ano</u></p> <p><i>Redução de custos: R\$ 2,00 / ton. movimentada → redução total de custos (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação < produção)</i></p>
	<i>Estocagem (transporte, limpeza, secagem, armazenagem e perdas técnicas)</i>	<p><u>Redução de custo (estocagem): R\$ 175.500,00 / ano</u></p> <p>✓ <i>Perdas técnicas: redução para 0,05% ao mês (R\$ 7,50/ton.ano) → redução de custo total com perdas técnicas (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação < produção) = R\$ 40,5 mil / ano</i></p> <p>✓ <i>Redução de custos gerais: R\$ 25,00/ton. → redução custos gerais (somente produção safra “verão”: 8.400 toneladas e capacidade de movimentação < produção) = R\$ 135,0 mil / ano</i></p>
Capacidade de Venda Direta		Bom
Capacidade de Prestação de Serviços		Baixo
Utilização de Resíduos		Total

Tabela 5.17 – Alternativas e Níveis de Impacto

Observação: De acordo com os números apresentados na tabela acima, no que se refere a custos de capital (investimento) e a redução de custos da atividade (retorno), algumas alternativas poderiam não ser viáveis economicamente (alternativas 04 e 05), ou mesmo apresentar uma Taxa Interna de Retorno (TIR) pouco atraente. Todavia, as projeções de “receitas” (economias geradas) das alternativas consideradas quantificam apenas parte das possíveis “entradas de caixa”, desconsiderando as operações referentes à “safrinha”, por conservadorismo, e preferindo

incluir outras de forma qualitativa na análise, tais como a prestação de serviços e a utilização de resíduos. Logo, (i) não foram contabilizados faturamentos derivados da prestação de serviços a terceiros¹²² (uma vez que o foco da aplicação do método multicritério foi na atividade produtiva na propriedade rural e, assim, **tal aspecto foi incluído** na análise **somente de forma qualitativa**); (ii) bem como também não foram estimadas as operações referentes a safras de inverno (“*safrinha*”). Destarte, na eventual implantação de qualquer uma das alternativas listadas, as economias e receitas geradas seriam maiores do que as calculadas nesse estudo; portanto, a viabilidade econômica não estaria comprometida¹²³.

5.5 – Funções de Valor

Após definir os atributos, bem como construir alternativas e determinar seus impactos no problema em tela, passou-se a estabelecer as **funções de valor**, as quais representam as preferências do decisor sobre os diferentes níveis de impacto de cada atributo. As funções de valor foram estimadas utilizando-se o método da **Pontuação Direta** e são apresentadas nas Figuras 5.2 a 5.15.

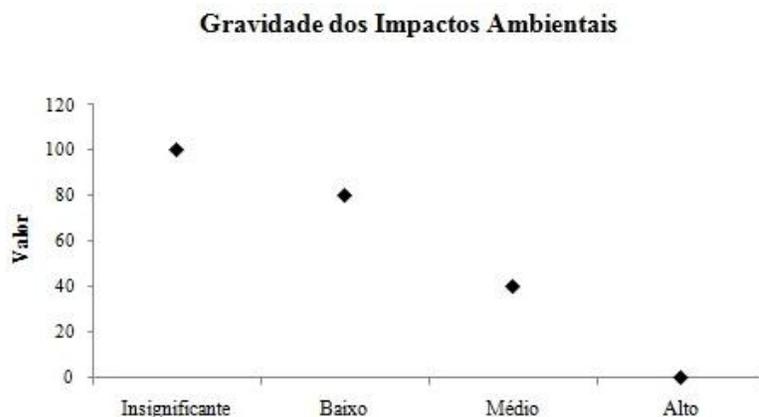


Figura 5.2 – Função de valor para o atributo “*Gravidade dos Impactos Ambientais*”

¹²² Mais relevante para armazéns localizados em áreas urbanas.

¹²³ Adicionalmente, o valor residual está sendo considerado apenas de forma qualitativa, ou seja, não representa entrada de caixa no presente estudo.

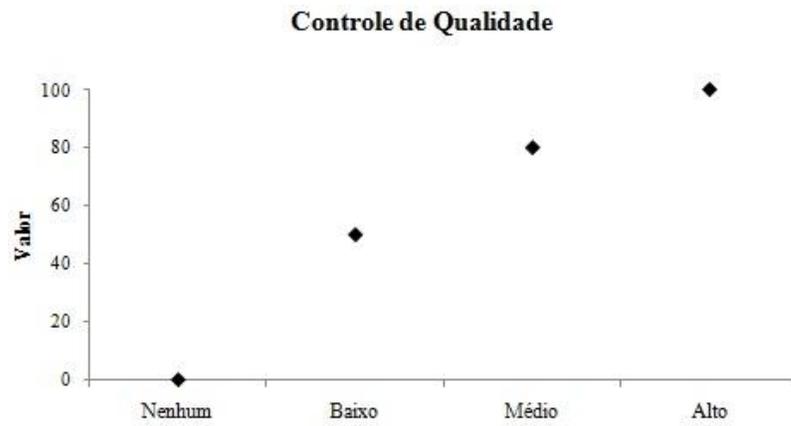


Figura 5.3 – Função de valor para o atributo “*Controle de Qualidade*”

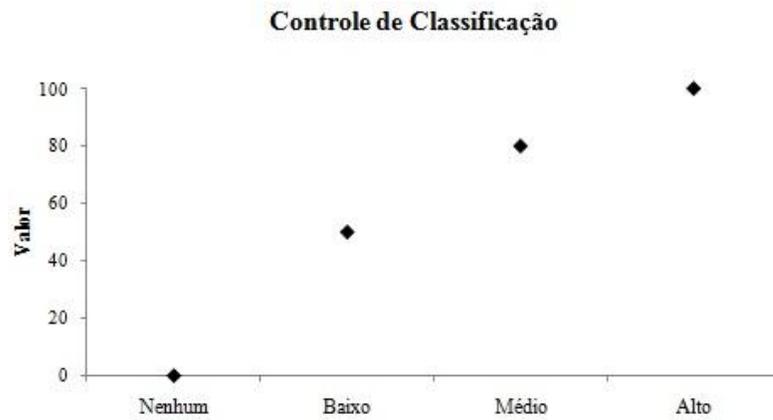


Figura 5.4 – Função de valor para o atributo “*Controle de Classificação*”

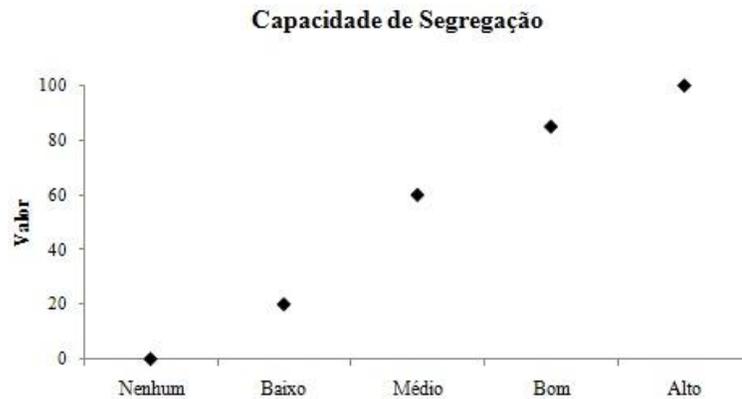


Figura 5.5 – Função de valor para o atributo “*Capacidade de Segregação*”

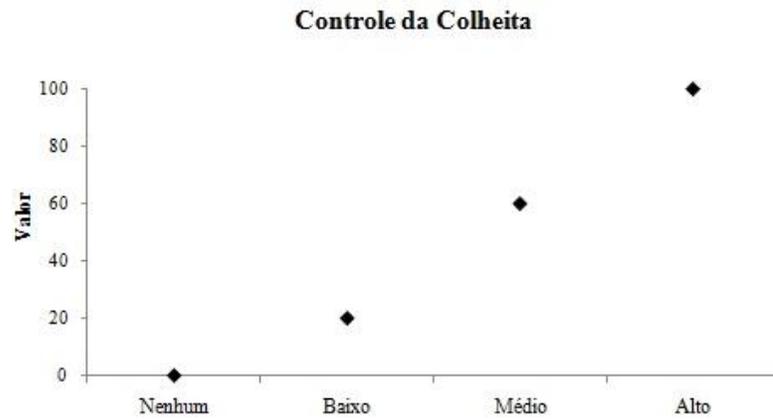


Figura 5.6 – Função de valor para o atributo “*Controle da Colheita*”

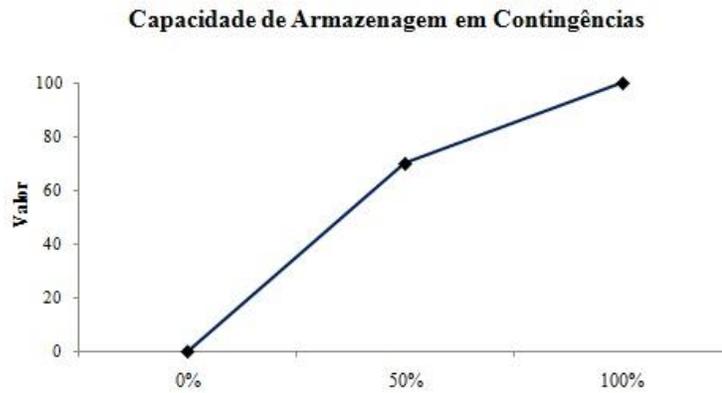


Figura 5.7 – Função de valor para o atributo “*Cap. de Armazenagem em Contingências*”

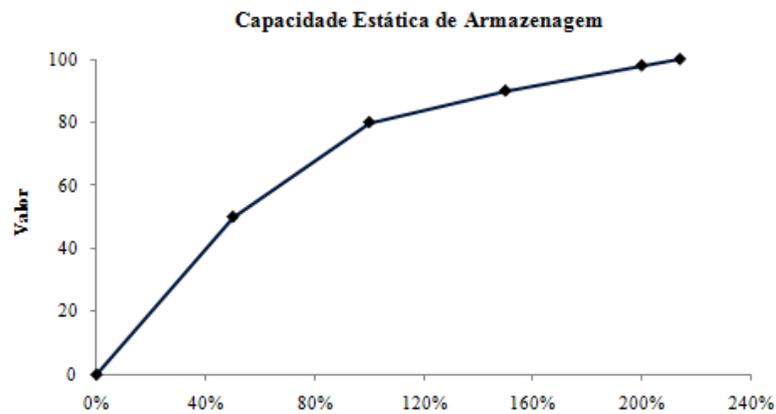


Figura 5.8 – Função de valor para o atributo “*Capacidade Estática de Armazenagem*”

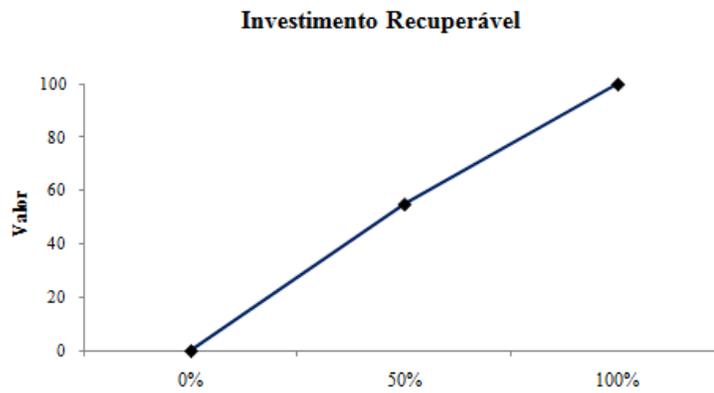


Figura 5.9 – Função de valor para o atributo “*Investimento Recuperável*”

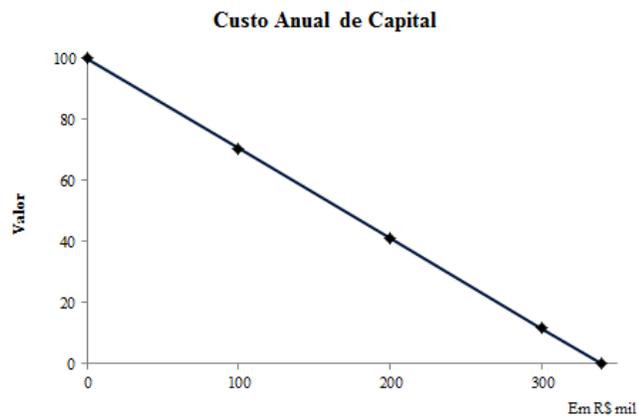


Figura 5.10 – Função de valor para o atributo “*Custo Anual de Capital*”

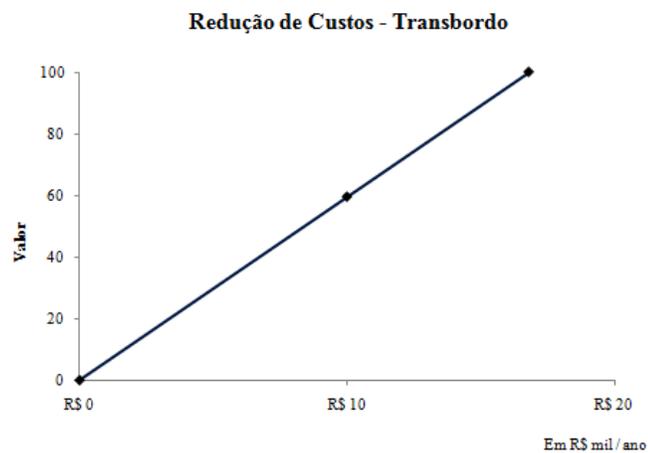


Figura 5.11 – Função de valor para o atributo “*Redução de Custo - Transbordo*”

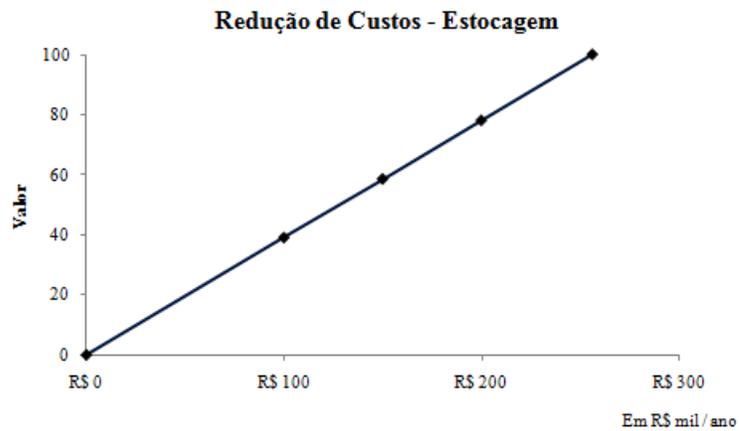


Figura 5.12 – Função de valor para o atributo “*Redução de Custo - Estocagem*”

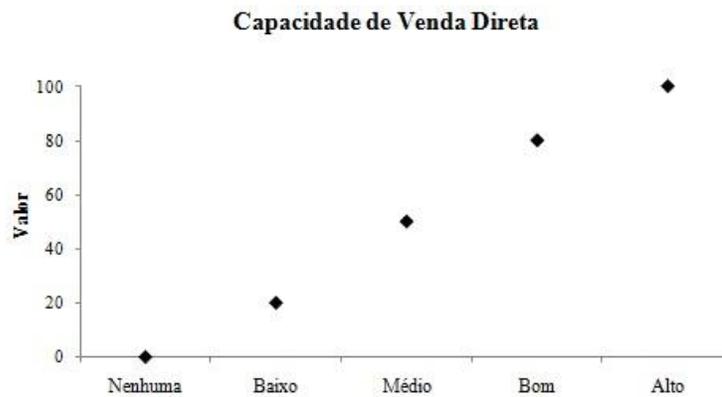


Figura 5.13 – Função de valor para o atributo “*Capacidade de Venda Direta*”

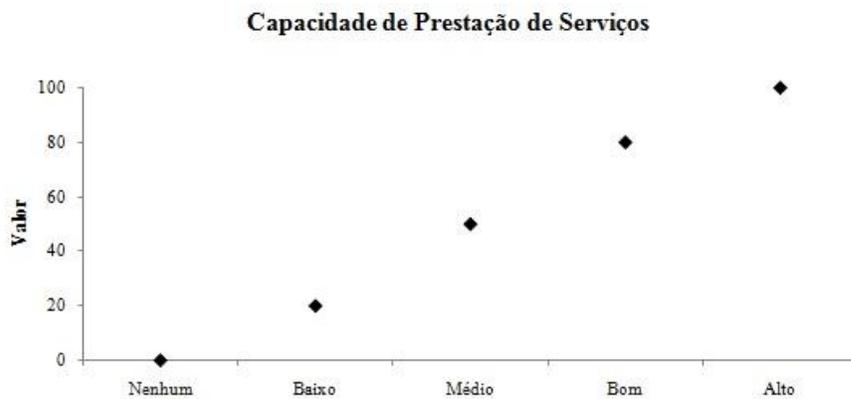


Figura 5.14 – Função de valor para o atributo “*Capacidade de Prestação de Serviços*”

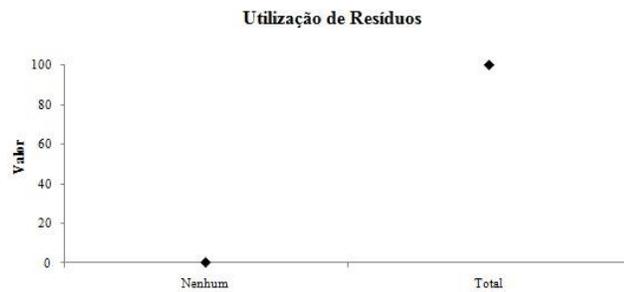


Figura 5.15 – Função de valor para o atributo “*Utilização de Resíduos*”

Após estabelecer as funções de valor, foram definidas as **constantes de escala**, que representam as preferências do decisor no tocante aos objetivos que deseja alcançar.

5.6 – Constantes de Escala

As **constantes de escala** foram estabelecidas, a partir das preferências do decisor, pelo método **Swing Weights** (“saltos”). Assim, para os atributos de cada nível hierárquico, o produtor assinalou as seguintes pontuações:

Rentabilidade	100
Situações de Risco	80

Tabela 5.18 – “Saltos” para os objetivos de 1º nível hierárquico

Observação: O “*trade off*” entre Rentabilidade e Riscos, dado pela constante de escala calculada a partir da tabela acima, não se refere à relação Retorno/Risco, método monocritério usualmente utilizado em finanças e análise de investimentos. Isso pois não se trata do risco de não atingimento de resultados operacionais ou financeiros projetados para cada alternativa. De fato, trata-se de dois aspectos de um sistema de armazenagem: seu potencial em trazer retornos financeiros diretos (“rentabilidade”) e sua capacidade de reduzir as situações de risco na propriedade (ganhos indiretos). No presente caso, a constante de escala representará um “*trade off*” a favor de um “objetivo fundamental” (rentabilidade) em relação a outro (riscos), pois o

decisor entende que os ganhos mais importantes, no seu contexto decisório, são aqueles diretos. E isso é expresso nos “saltos” anotados por ele.

Problemas operacionais	100
Janela de comercialização	80
Investimento recuperável	50
Impactos ambientais	40

Tabela 5.19 – “Saltos” para os objetivos de 2º nível hierárquico (Situações de Risco)

Lucro	100
Capital alocado	95

Tabela 5.20 – “Saltos” para os objetivos de 2º nível hierárquico (Rentabilidade)

Observação: A relação entre Lucro e Capital Alocado é a Rentabilidade, indicador monocritério também usualmente utilizado em finanças e análise de investimentos. A rentabilidade representa então, o “trade off” entre o retorno e o capital investido de cada alternativa, ou ainda, quanto se troca por lucro futuro a unidade monetária de investimento realizado hoje. Destarte, na construção de tal indicador, os “pesos” implícitos dessas duas variáveis são iguais. Ou seja, dadas duas alternativas, se o investimento demandado pela primeira e seu retorno forem ambos exatamente o dobro aos da segunda, o indicador rentabilidade será igual para as duas alternativas. Logo, consoante tal métrica, na aplicação do método multicritério não deve haver preferência entre lucro e capital alocado (bem como suas funções de valor devem ser lineares) e, como consequência, as constantes de escala de ambos os atributos serão iguais a meio (0,50). No entanto, em algumas situações, por impossibilidade de se reaplicar o capital a determinadas taxas de juros, para efeitos de comparação de alternativas, a resolução do problema, por método monocritério (TIR ou valor presente), exige uma análise incremental de investimentos, onde capitais adicionais alocados são comparados separadamente, ou a diferentes taxas de desconto. O exemplo típico é quando uma alternativa tem uma rentabilidade superior às demais, porém o capital necessário é menor que o disponível, enquanto que outras alternativas oferecerem retornos ainda atraentes para maiores volumes de capital. No problema de decisão em tela, dado que o custo de capital e o de oportunidade são relativamente baixos, trata-se de uma situação similar a

esse último exemplo citado. Logo, pode ser vantajoso para o decisor aumentar o valor investido para obter mais lucro, ainda que a taxa de retorno incremental seja decrescente (e a rentabilidade total seja menor). Dessa forma, para capturar tal efeito (serem atraentes retornos incrementais ainda que decrescentes, se acima do custo de capital ou de oportunidade), se considerou uma pequena preferência entre lucro e capital alocado, expressa nos saltos apontados pelo decisor (o que leva a constantes de escalas diferentes, ou seja, há um “*trade off*” entre lucro e capital investido, de forma que o indicador aqui construído para o atributo “rentabilidade” não representa exatamente tal conceito, pois está “distorcido” pelas preferências do decisor considerando o contexto decisório de um baixo custo de oportunidade).

Planejamento da colheita	100
Cap. armazenagem em contingências	85
Perda de qualidade	70
Classificação adequada	65
Capacidade de segregação	60

Tabela 5.21 – “Saltos” para os objetivos de 3º nível hierárquico (Problemas operacionais)

Redução de custos	100
Aumento de receitas	65

Tabela 5.22 – “Saltos” para os objetivos de 3º nível hierárquico (Lucro)

Gerais (estocagem, transporte e perdas)	100
No transbordo (gargalo)	85

Tabela 5.23 – “Saltos” para os objetivos de 4º nível hierárquico (Redução de custos)

Venda direta	100
Prestação de serviços	70
Utilização de resíduos	35

Tabela 5.24 – “Saltos” para os objetivos de 4º nível hierárquico (Aumento de Receitas)

As constantes de escala são apresentadas na Tabela 5.25.

Constantes de Escala	
1° nível hierárquico	
Rentabilidade	0,56
Situações de Risco	0,44
2° nível hierárquico (situações de <i>risco</i>)	
Problemas operacionais	0,37
Janela de comercialização	0,30
Investimento recuperável	0,18
Impactos ambientais	0,15
2° nível hierárquico (<i>rentabilidade</i>)	
Lucro	0,51
Capital alocado	0,49
3° nível hierárquico (<i>Problemas operacionais</i>)	
Planejamento da colheita	0,26
Cap. armazenagem em contingências	0,22
Perda de qualidade	0,19
Classificação adequada	0,17
Capacidade de segregação	0,16
3° nível hierárquico (<i>lucro</i>)	
Redução de custos	0,61
Aumento de receitas	0,39
4° nível hierárquico (<i>custos</i>)	
Gerais (estocagem, transporte e perdas)	0,54
No transbordo (gargalo)	0,46
4° nível hierárquico (<i>receitas</i>)	
Venda direta	0,49
Prestação de serviços	0,34
Utilização de resíduos	0,17

Tabela 5.25 – Constantes de escala

A partir das constantes de escala foram definidas as equações para se calcular o valor global das alternativas, conforme disposto a seguir.

5.7 – Valor Global das Alternativas

O Valor Global de cada alternativa é calculado pela função de agregação aditiva dada pela *Equação (4.1)*: $V_{(A)} = w_1 \cdot v_{1(A)} + w_2 \cdot v_{2(A)} + \dots + w_n \cdot v_{n(A)}$. Onde:

$V_{(A)}$ = Valor Global da alternativa A

$v_{n(A)}$ = Valores parciais da alternativa A nos atributos 1,2, ... , n

w_n = Constantes de escala dos atributos 1, 2, ... , n

n = Número de atributos do modelo

Assim, a partir das constantes de escalas relacionadas na Tabela 5.25, pode-se estabelecer a seguinte equação para o problema em tela:

$$V_A = 0,56 \cdot V'_A (\text{Rentabilidade}) + 0,44 \cdot V'_A (\text{Situações de risco}) \quad \text{Equação (5.1)}$$

Onde V_A é o **valor global** de cada alternativa. Já para os atributos, inclusive os de segunda, terceira e quarta ordem, as respectivas equações são apresentadas abaixo.

$$V'_A (\text{Rentabilidade}) = 0,51 \cdot V''_A (\text{Lucro}) + 0,49 \cdot V''_A (\text{Capital alocado}) \quad \text{Equação (5.2)}$$

$$V'_A (\text{Situações de Risco}) = 0,37 \cdot V''_A (\text{Problemas operacionais}) + 0,30 \cdot V''_A (\text{comercialização}) + 0,18 \cdot V''_A (\text{Investimento recuperável}) + 0,15 \cdot V''_A (\text{Impactos Ambientais}) \quad \text{Equação (5.3)}$$

$$V''_A (\text{Lucro}) = 0,61 \cdot V'''_A (\text{Redução de custos}) + 0,39 \cdot V'''_A (\text{Aumento de receitas}) \quad \text{Equação (5.4)}$$

$$V''_A (\text{Problemas operacionais}) = 0,26 \cdot V'''_A (\text{Planejamento colheita}) + 0,22 \cdot V'''_A (\text{Contingências}) + 0,19 \cdot V'''_A (\text{Perda de qualidade}) + 0,17 \cdot V'''_A (\text{Classificação adequada}) + 0,16 \cdot V'''_A (\text{Capacidade segregação}) \quad \text{Equação (5.5)}$$

$$V'''_A (\text{Redução de custos}) = 0,54.V''''_A (\text{Gerais}) + 0,46.V''''_A (\text{Transbordo}) \quad \text{Equação (5.6)}$$

$$V'''_A (\text{Aumento de receitas}) = 0,49.V''''_A (\text{Venda direta}) + 0,34.V''''_A (\text{Prestação de serviços}) + 0,17.V''''_A (\text{Utilização de resíduos}) \quad \text{Equação (5.7)}$$

Os respectivos valores dos níveis de impacto de cada alternativa em cada atributo, obtidos a partir da descrição das alternativas e das funções de valores relacionadas acima, estão na Tabela 5.26.

Atributos / Subatributos \ Alternativas	1	2	3	4	5	6
<i>Gravidade dos Impactos Ambientais</i>	100,0	80,0	80,0	100,0	80,0	40,0
<i>Capacidade Estática de Armazenagem</i>	62,9	100,0	87,1	88,6	100,0	87,1
<i>Investimento Recuperável</i>	100,0	55,0	55,0	100,0	100,0	100,0
<i>Custo Anual de Capital</i>	100,0	25,6	61,9	70,7	0,0	68,0
<i>Redução de Custo - Estocagem</i>	0,0	100,0	64,3	0,0	67,2	68,5
<i>Redução de Custo - Transbordo</i>	0,0	100,0	64,3	0,0	100,0	64,3
<i>Capacidade de Venda Direta</i>	80,0	100,0	100,0	80,0	100,0	80,0
<i>Capacidade de Prestação de Serviço</i>	50,0	80,0	50,0	80,0	100,0	20,0
<i>Utilização de Resíduos</i>	0,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0
<i>Controle da Colheita</i>	60,0	100,0	100,0	60,0	60,0	100,0
<i>Capacidade de Armazenagem em Contingências</i>	0,0	100,0	78,6	0,0	0,0	78,6
<i>Controle de Qualidade</i>	80,0	100,0	100,0	80,0	100,0	80,0
<i>Controle de Classificação</i>	80,0	100,0	100,0	80,0	100,0	100,0
<i>Capacidade de Segregação</i>	20,0	100,0	85,0	20,0	100,0	100,0

Tabela 5.26 – Valores dos Níveis de Impacto de cada Alternativa em cada Atributo

Aplicados os valores referentes aos níveis de impacto das alternativas nas equações de 5.1 a 5.7, obtém-se o valor global de cada uma, apresentado na Tabela 5.27.

Alternativas	Riscos	Rent.	Valor Global
1) Não construir armazéns	69,5	60,1	64,3
2) 04 silos metálicos de 50 mil sacas (12 mil ton.)	88,7	62,4	74,1
3) 03 silos metálicos de 30 mil sacas (5,4 mil ton.)	82,3	66,9	73,7
4) Aumento da participação em armazém comercial (20%)	77,1	47,8	60,9
5) 04 silos metálicos de 50 mil sacas (12 mil ton.) fora da prop. rural	84,9	45,8	63,1
6) Instalação de 30 silobags na P1 (5,4 mil ton.)	84,2	66,6	74,4

Tabela 5.27 – Valor Global das Alternativas

Complementarmente aos valores globais obtidos para as alternativas, foi conduzida uma análise de sensibilidade conforme descrito a seguir.

5.8 – Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi conduzida aplicando-se variações de + 10% e -10% nas constantes de escalas dos atributos que representam os seguintes objetivos:

- *Rentabilidade*
- *Problemas Operacionais*
- *Redução de Custos*

Os atributos foram selecionados pois se trata daqueles que representam maior “peso” na avaliação global (maiores constantes de escalas). As novas constantes, apresentadas na Tabela 5.28, foram calculadas utilizando-se a equação 3.2:

$$w_n' = (w_n (1 - w_i')) / (1 - w_i) \quad \text{Equação (3.2)}$$

Onde:

w_i = constante de escala **original** do critério i

w_i' = constante de escala **modificada** do critério i

w_n = constante de escala **original** do critério n

w_n' = **nova** constante de escala para o critério n

RENTABILIDADE		
Atributo	Constantes de Escala	
	+ 10 %	-10 %
Rentabilidade	0,61	0,50
Demais Atributos		Constantes de Escala
Situações de Risco	0,39	0,50
PROBLEMAS OPERACIONAIS		
Atributo	Constantes de Escala	
	+ 10 %	-10 %
Problemas Operacionais	0,41	0,33
Demais Atributos		Constantes de Escala
Janela de Comercialização	0,28	0,31
Investimento Recuperável	0,17	0,20
Impactos Ambientais	0,14	0,16
REDUÇÃO DE CUSTOS		
Atributo	Constantes de Escala	
	+ 10 %	-10 %
Redução de custos	0,67	0,55
Demais Atributos		Constantes de Escala
Aumento de receitas	0,33	0,45

Tabela 5.28 – Análise de sensibilidade – Novas constantes de escala

A partir das novas constantes de escala, os novos valores globais foram calculados e estão na Tabela 5.29.

RENTABILIDADE			
Alternativas	Valor Global		
	+ 10%	-10%	“Inicial”
Alternativa 01	63,7	64,8	64,3
Alternativa 02	72,6	75,6	74,1
Alternativa 03	72,9	74,6	73,7
Alternativa 04	59,2	62,5	60,9
Alternativa 05	61,0	65,3	63,1
Alternativa 06	73,4	75,4	74,4
PROBLEMAS OPERACIONAIS			
Alternativas	Valor Global		
	+ 10%	-10%	“Inicial”
Alternativa 01	63,7	64,8	64,3
Alternativa 02	74,4	73,8	74,1
Alternativa 03	74,0	73,4	73,7
Alternativa 04	60,1	61,6	60,9
Alternativa 05	62,7	63,6	63,1
Alternativa 06	74,6	74,2	74,4
REDUÇÃO DE CUSTOS			
Alternativas	Valor Global		
	+ 10%	-10%	“Inicial”
Alternativa 01	63,3	65,2	64,3
Alternativa 02	74,2	74,0	74,1
Alternativa 03	73,4	74,0	73,7
Alternativa 04	59,7	62,0	60,9
Alternativa 05	62,8	63,4	63,1
Alternativa 06	74,4	74,3	74,4

Tabela 5.29 – Valor Global – Análise de sensibilidade

Os resultados obtidos, incluindo a análise de sensibilidade, são analisados a seguir.

5.9 – Análise dos Resultados

5.9.1 – Avaliação Global e Análise de Sensibilidade

Pelos resultados obtidos, a melhor opção para o produtor é adotar a **alternativa 06**, qual seja, a instalação de 30 silobags na P1 (capacidade total: 5,4 mil ton.). Tal opção preferencial é mantida nas análises de sensibilidade conduzidas, com exceção de único cenário (redução de 10% na constante de escala do atributo “Rentabilidade”. Nesse caso, a melhor alternativa é a opção 02: construção de 4 silos com capacidade total de 12 mil toneladas).

Acrescenta-se que a análise de sensibilidade praticamente não alterou a ordem de preferência das alternativas consideradas, o que indica robustez do modelo e estabilidade dos resultados obtidos, reduzindo o risco de se selecionar uma alternativa que não seja, claramente, a mais propícia ao contexto analisado. Todavia, cabe pontuar alguns aspectos que se podem observar a partir da avaliação global e da análise de sensibilidade.

O produtor já possui cotas (10%) de um armazém comercial, o que propicia diversas funcionalidades e versatilidade na condução de seus negócios. Assim, ao adotar a alternativa 06, o decisor mantém todas, ou com poucas restrições, as vantagens proporcionadas por um sistema completo de armazenagem. Caso o produtor não possuísse a participação societária na referida planta comercial, e a entrada em tal sociedade fosse uma das alternativas a ser considerada, a opção por silobags não seria tão atraente quanto é na situação atual, pois, nessa hipótese, ela não contemplaria as funcionalidades e possibilidades que o armazém comercial permite. Assim, as alternativas que representam a construção de um sistema completo de estocagem de grãos estariam bem melhor posicionadas na avaliação global.

Destaca-se que, mesmo diante dessa especificidade (sociedade em armazém comercial), ainda assim a alternativa 02 (04 silos metálicos de 50 mil sacas – capacidade: 12 mil ton.) obteve pontuação bastante próxima daquela alcançada pela opção melhor pontuada (alternativa 06),

situando-se inclusive na primeira posição em um dos cenários considerados na análise de sensibilidade, e isso indica que a seleção de tal projeto não pode ser totalmente descartada.

Ressalta-se que a melhor colocação obtida por silobags está estreitamente relacionada com seus baixos custos, uma vez que a opção por silos oferece mais possibilidades de prestação de serviços e melhor resposta aos riscos, especialmente os “operacionais”¹²⁴.

Assim, deve-se observar a possibilidade de mudanças no contexto produtivo do decisor, bem como sua avaliação e percepção acerca dos resultados alcançados pelos silobags, pois um aumento na demanda ou na remuneração de serviços de beneficiamento e armazenagem de grãos, ou ainda, se as melhorias operacionais geradas pelos silobags não representarem os níveis de impacto estimados pelo decisor, a opção pela construção de 04 silos metálicos com capacidade total de 12 mil toneladas (alternativa 02) pode ser, então, a melhor solução.

Nesse contexto, a opção 02 (04 silos metálicos) tem custo de implantação mais alto que a alternativa 03 (03 silos metálicos), porém oferece mais segurança e flexibilidade operacional¹²⁵. Todavia, as duas alternativas são bastante próximas (com a alternativa 03, inclusive, também ultrapassando a pontuação da opção 02 em um determinado cenário da análise de sensibilidade).

Dessa forma, a recomendação a se fazer é que o produtor adote os silobags, cuja implantação é barata em relação a outras opções. Caso tal arranjo não retorne os ganhos esperados, em especial no que tange à eficiência, versatilidade e flexibilidade operacional, incluindo a prevenção de riscos, perdas e problemas operacionais, ou mesmo na hipótese de haver alteração no mercado de armazenagem de grãos (demanda, oferta e remuneração), o decisor deve reavaliar as alternativas existentes sob novas premissas de modo a averiguar a conveniência da implantação dos silos metálicos (alternativas 02 e 03).

¹²⁴ O silobag apresenta maior risco de depreciação dos grãos e, portanto, para sua utilização, “*recomenda-se que o produto apresente adequadamente limpo, seco e com baixos índices de grãos quebrados e trincados e devidamente tratado para não proliferação de insetos*”, bem como se deve controlar mais criteriosamente o teor de umidade do grão a ser armazenado (abaixo de 14% para soja, milho e trigo) “*para minimizar os riscos de infestações por insetos e fungos*” (SILVA, 2010, p. 9).

¹²⁵ Ressalta-se que a melhora do desempenho empresarial, incluindo o retorno financeiro, pode não estar ligada diretamente aos preços de venda, novas fontes de receitas, custos operacionais ou mesmo margens líquidas, mas sim a perdas inesperadas e/ou falhas operacionais que afetam a produção (incluindo deságios nos preços de venda ou não obtenção de prêmios pagos por características específicas dos grãos – não transgênico, por exemplo).

Nada obstante, destaca-se ainda que, adotando os valores de custos e receitas anuais considerados no estudo em tela, e aplicando o método monocritério¹²⁶ do “*Custo do Valor Anual*”¹²⁷ (ZANFELICE, 1999), a alternativa 06 permanece como melhor opção com uma diferença a favor, em relação às demais propostas, proporcionalmente maior do que a apontada pelo método multicritério. Já a alternativa 03 supera a opção 02 e fica na segunda posição em termos de atratividade¹²⁸.

Nesse contexto, registra-se a diferença do método multicritério em relação ao monocritério: o primeiro permite um melhor conhecimento do problema de decisão em tela, bem como considerar aspectos qualitativos (o que explica o distanciamento das performances das alternativas 02 e 03 em relação à 06 quando aplicado o método “*Custo do Valor Anual*”, já que essa análise desconsidera benefícios não financeiros – ou que não estejam assim expressos).

Acrescenta-se, por fim, que o método multicritério aqui utilizado, ao permitir uma compreensão mais abrangente do contexto decisório e respectivo problema de decisão, também habilita o decisor a realizar um melhor acompanhamento e monitoramento, de acordo com os objetivos e atributos definidos, da alternativa selecionada (incluindo uma constante comparação com as demais opções não implantadas, o que pode levar, eventualmente, a uma nova tomada de decisão).

Em resumo, pode-se apontar, a partir dos resultados obtidos, as seguintes orientações e diretrizes a se considerar no contexto analisado:

- ✓ Adotar os silobags (alternativa 06) ou implantar silos na P1 (alternativas 02 e 03) é melhor do que a opção “não fazer nada” (alternativa 01). Logo, a análise multicritério indica que é conveniente e frutífero expandir a capacidade de armazenagem de grãos com o emprego de novas instalações (ou seja, “deve-se fazer alguma coisa”).

¹²⁶ Considerando as mesmas premissas adotadas para o método multicritério, inclusive adotando **valor residual igual a zero** para **todas as opções consideradas**.

¹²⁷ Consiste em transformar todas as entradas e saídas de caixa em uma série uniforme. Assim, *Valor Anual (VA)* = Receitas Líquidas Anuais – Custo de Recuperação de Capital (Custo de Recuperação de Capital = – amortização + valor residual, esse último transformado em uma série uniforme de pagamentos. Nesse estudo, foi adotado como zero) (ZANFELICE, 1999).

¹²⁸ $VA_{(alternativa\ 06)} = R\$ 78.300,00$. $VA_{(alternativa\ 03)} = R\$ 46.884,97$. $VA_{(alternativa\ 02)} = R\$ 21.855,49$.

- ✓ No caso de implantação de silos metálicos na propriedade, a opção por 04 silos com capacidade total de 12 mil toneladas (alternativa 02) é mais adequada do que a construção de 03 silos totalizando 5,4 mil toneladas de capacidade estática (alternativa 03), em função do volume de grãos produzidos pelo decisor, que não é atendido suficientemente bem por apenas 03 silos. No caso de haver aumento de produção ou incremento no mercado de estocagem, tornando a prestação de serviços bem mais vantajosa, a implantação de uma capacidade estática ainda maior pode ser proveitosa, o que, nessa hipótese, ensejaria uma nova avaliação.
- ✓ Na hipótese, por qualquer motivo, do produtor decidir investir em armazéns fora da propriedade, construir novos armazéns (alternativa 05) é bem mais atraente do que simplesmente aumentar a participação na sociedade comercial existente (alternativa 04). Isso porque a existência de sócios limita as possibilidades operacionais do produtor e, assim, somente aumentar a participação no empreendimento já estabelecido representa um custo proporcionalmente alto em relação à construção de novos armazéns sem que haja os ganhos operacionais e comerciais que esses propiciam, uma vez que se trataria apenas de um aumento de capacidade estática sem alterações no “*modus operandis*” atual.
- ✓ Por fim, conforme já comentado acima, qualquer alteração no contexto produtivo que enseje aumento da atratividade na prestação de serviços de armazenagem ou, ainda mais, aumente os requisitos de eficiência e segurança operacional, a construção de silos (alternativas 02 e 03) pode vir a ser mais uma opção mais recomendável do que a adoção de silobags.

5.9.2 – Apresentação dos Resultados ao Decisor

Os resultados da aplicação, bem como a respectiva análise acima, foram apresentados ao decisor que, de modo geral, não só concluiu ter sido vantajoso participar deste trabalho, como também aprovou e concordou com as diretrizes e indicações obtidas.

Ressalta-se que, antes mesmo da conclusão do estudo em tela, o produtor decidiu implantar os silobags (alternativa 06) na propriedade em foco (P1). Isto ocorreu pois, ainda com o trabalho em curso, já houve indícios de que a melhor alternativa seria a 06 (silobags) e o decisor optou por implantá-la antes mesmo da conclusão da análise, dada que a época da colheita estava se aproximando e a opção de armazenagem a ser utilizada nessa safra teve que ser definida.

Ainda assim, o produtor considerou o estudo profícuo não somente por ter corroborado sua escolha (o que, observa-se, deixou-o satisfeito tanto pelo “sucesso” na decisão tomada, quanto, principalmente, por eliminar dúvidas que poderia vir a ter no que se refere ao “grau de acerto” dessa decisão), mas também por tê-lo, de fato, auxiliado a optar por silobags, uma vez que tal escolha se consolidou como sua preferência durante as etapas desse trabalho.

Acrescenta-se que, embora o decisor admita certa dificuldade para lidar com aspectos puramente qualitativos (principalmente quando instado a comparar, coerentemente, as alternativas), ele entendeu como válido e proveitoso, principalmente em futuras situações de decisão, o conjunto de “conclusões e orientações” fornecido pela aplicação em tela, reconhecendo, assim, a validade e utilidade das “respostas qualitativas” tanto como auxílio no entendimento do problema considerado quanto na construção da decisão.

6 – Conclusão

Conforme enunciado no escopo desse trabalho, a implantação de um sistema de armazenagem de grãos enseja um sem número de variáveis, possibilidades, configurações, finalidades, estratégias, funcionalidades, aplicabilidades, problemas adjacentes e incertezas.

Nada obstante, a infraestrutura de estocagem de grãos existente nas propriedades rurais não é farta. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a atividade de armazenagem (necessidade, suficiência, benefícios, vantagens, riscos, etc.) e, principalmente, aplicar o Auxílio Multicritério à Decisão na implantação de um sistema do tipo na propriedade rural, haja vista a complexidade que cerca tal contexto decisório.

Atendendo tal objetivo, a avaliação da implantação de um sistema de armazenamento de grãos por meio de uma metodologia multicritério se mostrou bastante adequada e satisfatória, uma vez que permite abarcar todas as variáveis e considerações que se deseja apreciar, não importando o quão distintas sejam suas naturezas (quantitativas, qualitativas, objetivas, pessoais, estimadas ou incertas).

Registra-se, também, que obter os valores dos desempenhos das alternativas nos diversos atributos selecionados pode ser uma tarefa difícil, pois muitos dados não são facilmente encontrados, as estimativas podem não ser confiáveis ou, ainda, apresentar grande margem de erro¹²⁹. Em se tratando das avaliações qualitativas, a tarefa é menos trivial ainda, uma vez que, embora até habitual, tal tipo de avaliação não é estruturada e, dessa forma, o decisor nem sempre consegue distinguir claramente os níveis de impacto de cada alternativa ou mesmo fornecer avaliações coerentes quando existem muitas opções, ou ainda, quando estas são muito próximas entre si no que se refere aos desempenhos obtidos em alguns ou vários atributos).

Ainda assim, o método pode ser considerado vantajoso, pois permite que se construam atributos específicos para se mensurar aspectos e objetivos particulares existentes em cada

¹²⁹ No presente caso, as estimativas e impactos gerados pelas alternativas foram fornecidos pelo próprio decisor, que possui tais informações, com grande grau de confiabilidade, em função do *know-how* que dispõe sobre a atividade (pois já opera armazém comercial).

contexto de decisão e de forma tão complexa quanto se deseja tratar aquele determinado “ponto de vista”. Basta, para tanto, incluir na métrica todas as variáveis entendidas como importantes no problema analisado, quantitativas ou qualitativas.

Dessa forma, pode-se concluir que a aplicação conduzida nesse trabalho não foi apenas válida em termos de resultado obtido, mas também como uma diretriz ou modelo de abordagem para problemas de decisão envolvendo a movimentação e estocagem de grãos.

Nesse contexto, podem ser feitas as seguintes sugestões para aprofundamento da temática aqui abordada:

- ✓ Aplicar, no mesmo contexto decisório ou em situações semelhantes, outros métodos de avaliação multicritério (PROMETHEE, ELECTRE, AHP, etc.) para comparar a adequabilidade, a empregabilidade, a eficácia, a valia e a robustez dos resultados obtidos, entre as abordagens existentes;
- ✓ Aplicar uma avaliação multicritério em contextos decisórios distintos e cujas características sejam bastantes particulares (existência de estradas precárias ou regime de chuvas especialmente adverso; produção de sementes, grãos selecionados, transgênicos ou não, que necessitam de controle mais apurado e segregação mais rigorosa; produtor que não possui *know-how* em armazenagem, entre outros aspectos), para apurar qual é a capacidade de abordagens multicritério fornecerem soluções adequadas a cada contexto decisório;
- ✓ Aplicar o método multicritério em decisões de investimentos de armazéns comerciais privados (*tradings*, indústria de transformação e prestadores de serviços de armazenagem);
- ✓ Por fim, utilizar o Auxílio Multicritério à Decisão para avaliar a armazenagem de grãos no país como um todo, de forma a orientar políticas públicas, prioridades, acordos comerciais ou mesmo indicar prioridades de investimentos e infraestruturas necessárias a se implantar.

ANEXOS

Anexo A

Características das Propriedades Rurais		Propriedade 01 (P1)	Propriedade 02 (P2)	Propriedade 03 (P3)
Localização:		Coxim - MS	São Gabriel do Oeste - MS	Bandeirantes - MS
Distância em relação a Campo Grande – MS		300 Km	160 Km	50 Km
Acesso:		Rodovia asfaltada (BR – 163)	Rodovia asfaltada (BR – 163)	Rodovia asfaltada (BR – 163)
Proprietário:		Decisor	Decisor	Terceiros (a propriedade está arrendada ao decisor até 2017/18).
Sócios:		Irmão	-	-
Área ¹³⁰	Área total:	4.400 hectares	620 hectares	2.500 hectares.
	Área de produção de grãos – verão:	2.800 hectares	570 hectares	1.300 hectares.
	Área de produção de grãos – inverno (safrinha):	560 hectares ¹³¹	570 hectares	600 hectares.
	Área de criação de bovinos:	700 hectares	(somente agricultura)	(somente agricultura)
	Área de reserva ambiental:	900 hectares	50 hectares	500 hectares.

¹³⁰ A produção de grãos é totalmente segregada da criação de bovinos. Ou seja, não há alternância de grãos e gramíneas (capim) no cultivo dos talhões e pastos.

¹³¹ A produção da “safrinha” (safra de inverno) é, aproximadamente, 20% da área cultivada na safra de verão.

Produção de grãos	<i>Produção histórica:</i>		Até 1995, somente pecuária. A partir de 1995, passou-se a produzir grãos (soja).	Área aberta para agricultura (desde 1975).	Pecuária até 2000 (início do arrendamento). Após 2000: somente agricultura.
	<i>Últimos 05 anos (safra verão):</i>		Soja (100%)	Últimos dois anos: soja (50%) e milho (50%). Safras anteriores: soja (100%).	Soja (100%).
	<i>Produção atual</i>	Safra verão:	Soja e milho ¹³²	Soja e milho.	Soja (100%).
		“Safrinha” (inverno):	Milho, sorgo e crotalária	Milho, sorgo e milheto.	Milho, sorgo e milheto.
	<i>Último plantio (safra 2011/2012):</i>		Soja (2.100 ha) e milho (700 ha)	Soja (100%).	Soja (100%).
Destinação dos grãos	<i>Soja:</i>		Exportação.		
	<i>Milho:</i>		Ração.		
	<i>Sorgo:</i>		Ração e comercialização (mercado interno).		
	<i>Crotalária:</i>		Combate a doenças do solo e venda de sementes (excedente).		
Sistema de plantio:			Plantio direto (cobertura: milheto)		
Recursos Humanos	<i>Fixo:</i>		01 gerente mais 11 funcionários (diversos cargos).	03 funcionários.	03 funcionários.
	<i>Temporário¹³³:</i>		Aproximadamente 12 funcionários contratados por temporada.	Aproximadamente 03 funcionários contratados por temporada.	Aproximadamente 05 funcionários contratados por temporada.

¹³² O cultivo de milho na safra verão foi introduzido em 2011/2012 (25% da área total de produção de grãos). Até então, a safra verão era 100% soja.

¹³³ Contratados nas épocas do plantio e da colheita.

Infraestrutura existente:	Equipamentos de transbordo e de limpeza.	Armazém convencional (capacidade: 900 ton.). Equipamentos de transbordo e limpeza. Sistema de armazenagem não está sendo utilizado.	Nenhuma.
---------------------------	--	--	----------

Tabela A.1 – Características das Propriedades Rurais

Armazém comercial		
Localização:	São Gabriel do Oeste - MS	
Participação do decisor no capital social:	10%	
Distâncias	<i>Até P1:</i>	Entre 130 e 140 Km
	<i>Até P2:</i>	20 Km
	<i>Até P3:</i>	70 Km
	<i>Até Campo Grande (MS):</i>	135 Km
Produtos recebidos	<i>Histórico</i>	Soja e milho.
	<i>Safra 2011/2012</i>	Somente soja.
Capacidade estática:	60.000 ton. (01 milhão de sacas)	
Capacidade de segregação:	02 divisões	
Expansão prevista:	02 silos com capacidade entre 25 e 30 mil ton. cada (250 mil sacas).	
Limitações	Pouca capacidade de segregação (somente dois tipos de grãos). Se há baixa produção, ou demanda por armazenagem, de milho, antecipadamente se decide não receber milho, utilizando as duas divisões somente para soja (situação da safra 2011/12).	

Tabela A.2 – Características do armazém comercial

Anexo B

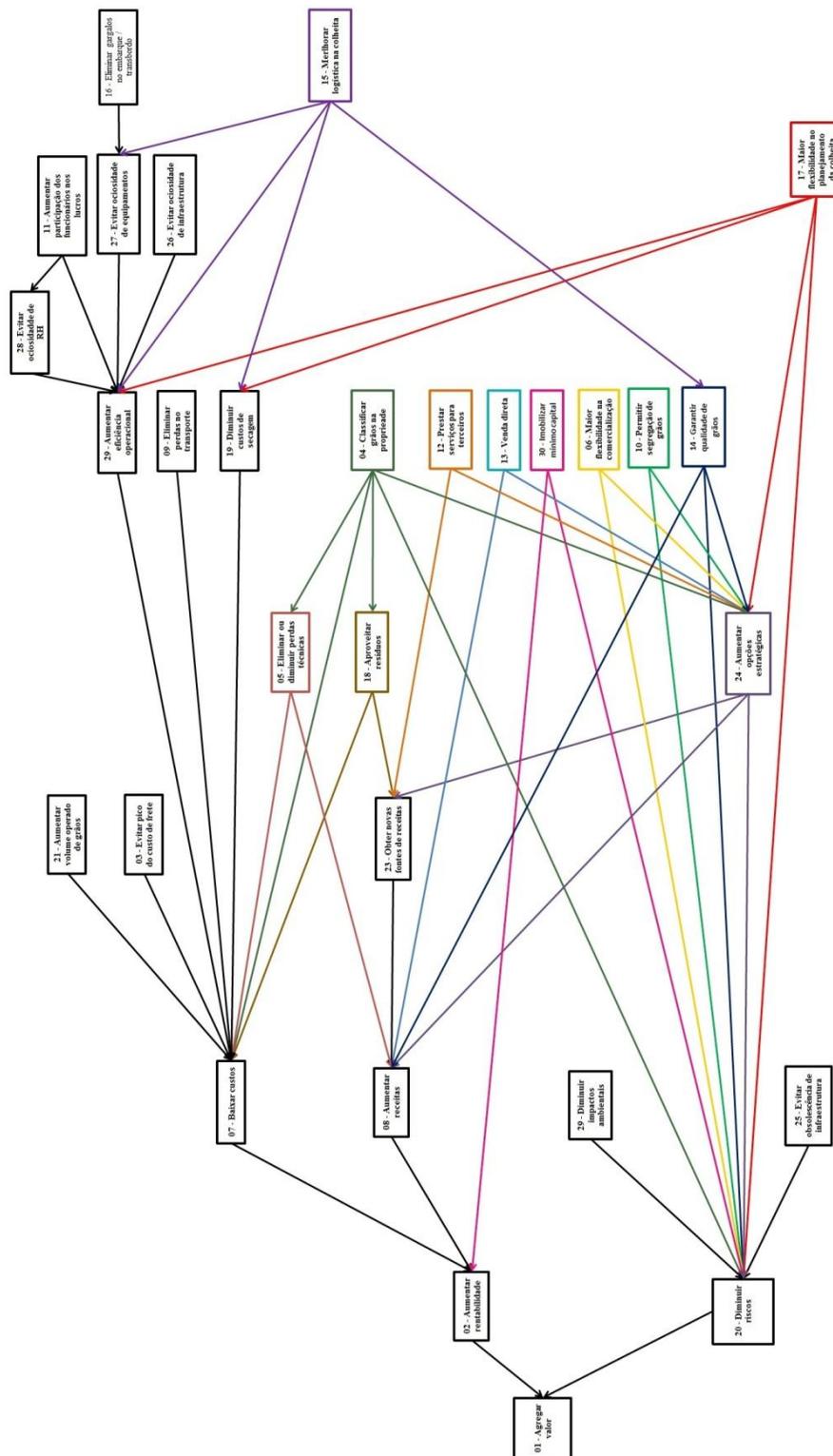


Figura B.1 – Rede de Objetivos Meios-fins

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA SAFRAS. **Competitividade e Desafios do Agronegócio Nacional**. Matéria Especial da Agência Safras. Porto Alegre: Editora Safras Ltda., 26 de novembro de 2004.
http://www.safras.com.br/pdf_materia/materialespecial2004.pdf

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial**. 1ª Edição. Ed. Atlas: São Paulo, 1993.

BELTON, V.; ACKERMANN, F.; SHEPHERD, I. **Integrated Suport from Problem Structuring through to Alternative Evaluation Using COPE and V-I-S-A**. Journal of Multi-criteria Decision Analysis, vol. 6, p. 115-130, 1997.

_____.; STEWART, T. J. **Multiple Criteria Decision Analysis – An Integrated Approach**. 2ª edição. Kluwer Academic Publishers, 2003.

BERLAMINO, L. C.; MARTINS, F. M.; SIMA, L. F.; ALONSO, C. A.; HEBERLE, A. L. O. **Identificação das Oportunidades de Inovação em APL por Multicritério**. XLIX Congresso da SOBER (Belo Horizonte, 24 a 27 de julho de 2011).
Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2011.

BLACKSEAGRAIN. **Ukraine: Mriya Agro Holding to Increase Grain Storage Capacity by 73.2%**. Reportagem publicada (20/07/2011) no sítio BlackSeaGrain, 2011.
<http://www.blackseagrain.net/about-ukragroconsult/news-bsg/ukraine.-mriya-agro-holding-to-increase-grain-storage-capacity-by-73.2>

BRENNAN, M. J. **The Supply of Storage**. The American Economic Review, vol. 48, nº. 1, p. 50-72. Março, 1958.

CAIXETA-FILHO, J.V. **A Competitividade do Transporte no Agribusiness Brasileiro**. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (Organizadores). **Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais**. Ed. Atlas: São Paulo, 2001a.

_____.; SILVA, N. D. V.; GAMEIRO, A. H.; LOPES, R. L.; GALVANI, P. R. C.; MARTIGNON, L. M.; MARQUES, R. W. C. **Movimentação Rodoviária de Produtos Agrícolas Selecionados**. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (Organizadores). **Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais**. Ed. Atlas: São Paulo, 2001b.

_____. **Modelagem no Sistema Agroindustrial**. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (Organizadores). **Sistemas de Gerenciamento de Transportes**. Ed. Atlas: São Paulo, 2001c.

_____. **Pesquisa Operacional: Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais**. 2ª Edição. Ed. Atlas: São Paulo, 2004.

CASTRO, D. **Venda antecipada de soja para tradings reduz em 15% os ganhos do produtor**. Reportagem publicada (07/09/2009) no Jornal de Santa Catarina (versão eletrônica), 2009.

<http://www.clicrbs.com.br/especial/sc/jsc/19,0,2645414,Venda-antecipada-de-soja-para-tradings-reduz-em-15-os-ganhos-do-produtor.html>

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Evolução da Capacidade Estática dos Armazéns**. Agosto/2008. Brasília, 2008a.

<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=155>

_____. **Prospecção para a Safra 2008/2009 – Estudos de Prospecção de Mercados - Setembro/2008**. Brasília, 2008b.

www.conab.gov.br

_____. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Safra 2008/2009 – Décimo Segundo Levantamento – Setembro/2009**. Brasília, 2009a.

http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12_levantamento_set2009.pdf

_____. **Mapa da Capacidade Estática dos Armazéns (Brasil)**. Brasília, 2009b.

www.conab.gov.br

_____. **Série Histórica. Brasil – Por Produtos.** Brasília, 2009c.

<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>

_____. **Consulta de Capacidade Estática** – www.conab.gov.br, 2012a.

<http://sisdep.conab.gov.br/capacidadeestatica/>

_____. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Safra 2011/2012 – Nono Levantamento – Junho/2012.** Brasília, 2012b.

<http://www.conab.gov.br>

CORNER, J.; BUCHANAN, J.; HENIG, M. **Dynamic Decision Problem Structuring.** Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, n. 10, p. 129-141, jun. 2001.

CORRÊA, A. **A falta que faz um armazém.** Reportagem publicada (01/06/2006) na Revista Exame, 2006.

COSTA, A. P. **Metodologia Multicritérios em apoio à Decisão para Seleção de Cultivares de Arroz para Lavouras no Sul do Estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis, 1996.

<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/costa/index/index.htm#SUMÁRIO>

COSTA, L. **Segregar milho custaria mais.** Reportagem publicada (24/02/2010) no Suplemento Agrícola do Jornal O Estado de São Paulo, 2010.

D´ARCE, M. A. B. R. **Pós-Colheita e Armazenamento de Grãos** (notas de aula). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009.

<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Armazenamentodegraos.pdf>

DE LUCIA, M.; ASSENNATO, D. **Agricultural Engineering in development – Post-harvest Operations and management of Foodgrains**

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 1994.

DE MORI, C.; SCHEEREN, P. L.; MINELLA, E.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; LORINI, I. **Avaliação de Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais de Algumas Tecnologias Geradas pela Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007.

DECKERS, D. **Armazenagem Agrícola no Brasil – Dezembro / 2005**

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, 2005.

http://www.conab.gov.br/conabweb/download/nupin/armazenagem_agricola.pdf

_____. **Situação da Armazenagem no Brasil – 2006 (Dezembro / 2006)**

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, 2006.

<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/nupin/armazenagem.pdf>

DONLEY, A. **Grain Storage and Handling Projects – Equipment suppliers staying busy despite global economic slowdown**. World Grain – p. 52-61. Maio, 2009.

DYER, J. S. – **MAUT – Multiattribute Utility Theory**. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. International Series in Operations Research & Management Science, 2005, Vol. 78, IV, p. 365-292.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R. **MCDA: A Constructivist Approach to the Management of Human Resources at a Governmental Agency**. Internacional Transactions in Operacional Research 7 – p. 79-100, 2000.

_____.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão – Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. Florianópolis: Ed. Insular, 2001.

FERGUSON, R. **The future of soft commodities trading**. Renaissance Capital – Agriculture – Global Emerging markets, 2011.

<http://pt.scribd.com/doc/55244005/6/The-infrastructure-challenge>

FERREIRA, L. R., BURNQUIST, H. L.; AGUIAR, D. R. D. **Infra-estrutura, Comercialização e Competitividade da Agricultura Brasileira**. IPEA. Brasília, 1993.

FNBNEWS.COM. **India records highest ever food grains production with 241.56 MT in 10-11**. Reportagem publicada (20/07/2011) no sítio FnBnews, 2011.
<http://www.fnbnews.com/article/detnews.asp?articleid=30250§ionid=34>

GALLARDO, A. P.; STUPELLO, B.; GOLDBERG, D. J. K.; CARDOSO, J. S. L.; PINTO, M. M. O. **Avaliação da Capacidade da Infra-Estrutura de Armazenagem para os Granéis Agrícolas Produzidos no Centro-Oeste Brasileiro**. XXI Copinaval – Congresso Panamericano de Engenharia Naval (18 a 22 de agosto de 2009 – Montevideo - Uruguai), 2009.

GALLIMORE, W.W. **Transporting food and agricultural products**. In: USDA. Agricultural-food policy review: Perspectives for the 1980's. Washington: USDA. apr. 1981. p. 82-93.

GALVES, M. L. **Structuring Decision Situations: a Brief Overview**. In Barthélemy, J. – P e Lenca, P. (eds.), *Advances in Multicriteria Decision Aid*. Brest, p. 32-40, 2005.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 2ª Edição. Bookman Editora: Porto Alegre, 2001.

_____.; BOUYSSOU, D. **Decision Aiding is More Than Aiding to Choose: The Role of Structuring Decision Situations Related to Transport Systems**. Documento de Trabalho, 2005.

GARY, L. **Como Solucionar Problemas Para Quem Toma Decisões**. In: Harvard Business School Press. **Tomando as Melhores Decisões**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2007.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisões Inteligentes**. 7ª Edição. Trad. M. F. Ferreira. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2004.

_____. **As Armadilhas Ocultas na Tomada de Decisões.** In: Harvard Business Review. **Decisões Mais Inteligentes.** Rio de Janeiro: Ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2008.

HENIG, M. I.; BUCHAMAN, J. T. **Solving MCDM Problems: Process Concepts.** Journal of Multi-criteria Decision Analysis, vol. 5, p. 3-21, 1996.

HIIJAR, M. F. **Logística, Soja e Comércio Internacional.** Ilos – Instituto de Logística e Supply Chain, 2004.

Publicado em 10.10.2004.

http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=731&Itemid=225

_____.; ALEXIM, F. M. B. **Avaliação do Acesso aos Terminais Portuários e Ferroviários de Contêineres no Brasil.** Coppead – UFRJ, 2006.

Publicado em 10.09.2006

http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=702&Itemid=74

_____. **Preços de Fretes Rodoviários no Brasil.** Coppead – UFRJ, 2008.

Publicado em 09.05.2008.

http://www.centrodelogistica.com.br/new/artigos_coppead/Coppead_147_completo.pdf

KEENEY, R. L. **Value-focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking.** Harvard University Press, Cambridge: London, 1992.

_____.; RAIFFA, H. **Decision With Multiple Objectives: Preferences And Value Tradeoffs.** Cambridge University Press, 1993.

KEPLER-WEBER – **Catálogo Kepler-Weber - Fazenda -** Catálogo de Produtos, 2010.

Sítio da empresa Kepler-Weber S.A.

LIMA, M. V. A. **Um Modelo Multicritério para Gerenciamento de Risco por uma Empresa de Factoring.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 1997.

LIMA, R. F. C. **Benchmarking de Tarifas e Práticas do Transporte Rodoviário**. Coppead – UFRJ, 2006.

LUECKE, R. **Tomando Decisões**. 4ª Edição. Ed. Record: Rio de Janeiro, 2010.

MARTINS, R.S.; CAIXETA-FILHO, J.V. **Subsídios à Tomada de Decisão na Escolha da Modalidade e ao Planejamento dos Transportes no Estado do Paraná**. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (Organizadores). **Sistemas de Gerenciamento de Transportes**. Ed. Atlas: São Paulo, 2001.

_____.; LOBO, D. S.; ARAÚJO, M. P. **Sazonalidade nos fretes e preferências dos embarcadores no mercado de transporte de grãos agrícolas**. Revista de Economia e Administração, São Paulo, 2005.

MESQUITA, J. L. M.; MACEDO, M. A. S.; BARBOSA, A. C. T. A. M. **Avaliação do Sistema Brasileiro de Armazenagem Convencional e a Granel: Um estudo apoiado em Análise Envoltória de Dados (DEA)**. XLV Congresso da SOBER (Londrina, 22 a 25 de julho de 2007). Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2007.
<http://www.sober.org.br/palestra/6/393.pdf>

MILOCA, S. A.; VOLPI, N. M. P.; NETO, A. C. **Uma Proposta para Escolha de Armazéns com Trigo de Melhor Qualidade Industrial Segundo Metodologia Multicritério**. ENGEVISTA, v. 8, n. 1, p. 16-26, jun. 2006.

MORGAN, N. **Teste seu Processo Decisório: Comunique-se**. In: Harvard Business School Press. **Tomando as Melhores Decisões**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2007.

NAVES, I. M. **Agronegócio e Logística: Dicotomia**.

Trabalho apresentado no XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (Sober) – Londrina (PR), 2007.

<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/nupin/agroelog.pdf>

NOGUEIRA JR, S.; TSUNECHIRO, A. **Descompasso entre Produção e Armazenagem de Grãos**. Instituto de Economia Agrícola. São Paulo, 2003.

_____. **Produção Agrícola e Infra-estrutura de Armazenagem no Brasil**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 35, n.2, p.7-18, fev. 2005. São Paulo, 2005a.
<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec1-0205.pdf>

_____. **Pororoca na Armazenagem: Mito ou Realidade?**
Instituto de Economia Agrícola. São Paulo, 2005b.
Artigo publicado em 22/07/2005.
<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=2842>

NOGUEIRA JR., S. **Investimentos na Armazenagem de Grãos**. - Análises e Indicadores do Agronegócio, v.3, n.4, abril 2008 – IEA: São Paulo, 2008.

OJIMA, A. L. R. O.; ROCHA, M. B. **Desempenho Logístico e Inserção Econômica do Agronegócio da Soja: as Transformações no Escoamento da Safra**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2005.
XLIII Congresso da SOBER (Ribeirão Preto, 24 a 27 de julho de 2005).
<http://www.sober.org.br/palestra/2/170.pdf>

_____. **Impactos da Sazonalidade na Safra de Soja**. - Análises e Indicadores do Agronegócio, v.1, n.2, fevereiro 2006 – IEA: São Paulo, 2006.
<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=4779>

OLIVEIRA, J. **Gestão da Inovação**. Sociedade Portuguesa de Inovação. Ed. Principia, 1999.
http://www.spi.pt/documents/books/inovint/gi/aceso_ao_conteudo_integral/indice_java_menu/cap_actual.htm

OLIVEIRA, N. M. **Transporte e Localização da Agroindústria da Soja no Estado de Mato Grosso**. Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2003.

OETTERER, M. **Agroindústrias de Alimentos** (notas de aula). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009.

<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Agroindustria%20Alimentos.pdf>

PIONEER. **40 lakh tonne grain storage capacity to be added by 2012: MoS**. Reportagem publicada (30/06/2011) no sítio The Pioneer, 2011.

<http://www.dailypioneer.com/349581/40-lakh-tonne-grain-storage-capacity-to-be-added-by-2012-MoS.html>

PONTES, H. L. J.; DO CARMO, B. B. T. & PORTO, A. J. V. **Problemas Logísticos na Exportação Brasileira da Soja em Grão**. SISTEMAS & GESTÃO, v.4, n.2, p.155-181, maio a agosto de 2009.

POYNDER, N. J. T. **Grain Storage in Theory and History**. Artigo apresentado na Third Conference of the European Historical Economics Society, Lisbon, October 29-30 (1999).

Terceira Conferência da Sociedade de História Econômica Europeia

Disponível em: <http://www.iisg.nl/hpw/poynder.pdf>

PROCTOR, D.L (editado por). **Grain Storage Techniques – Evolution and Trends in Developing Countries**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Rome, 1994.

<http://www.fao.org/inpho/isma?m=library&txt=grain+production+country&i=INPhO&p=SimpleSearchFrame&lang=en&c=1&op=or&pg=5&n=47>

PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de Grãos**.

Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, 2000.

RAMOS FILHO, J. A.; ATAMANCZUK, M. J.; MARÇAL, R. F. M. **Seleção de Técnicas de Manutenção para Processo de Armazenagem através do Método de Análise Hierárquica**.

XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – A integração de cadeias com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, 13 a 16 de outubro, 2008.

REGO, J. M. G.; ERNST, E. S.; GOMES, L. F. A. M. **Priorização de Alternativas Agrícolas através de Métodos de Auxílio Multicritério à Decisão**. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1998.

REUTERS. **China grains, edible oil storage capacity expanded**. Reportagem publicada (21/06/2011) no sítio Reuters, 2011.

<http://www.reuters.com/article/2011/06/21/china-grains-reserves-idUSL3E7HL0B020110621>

ROCHA, J.A.N.; OSAKI, M. **Comparação da Capacidade Estática dos Armazéns com a Produção de Grãos do Mato Grosso**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.

Publicado em 11.09.2008 em: <http://www.sober.org.br/palestra/2/>

<http://www.sober.org.br/palestra/2/941.pdf>

ROGERS, P.; BLENKO, M. **Quem tem a D? Como Papéis Decisórios Explícitos Aumentam o Desempenho Organizacional**. In: Harvard Business Review. **Decisões Mais Inteligentes**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2008.

ROMERO, C.; REHMAN, T. **Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions. Second Edition**. Elsevier, 2003.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental – Capítulo 9: Etapas da Elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental: Avaliação da Importância dos Impactos**. Pós-Graduação em Gestão Ambiental – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Notas de Aula), 2004.

SANTI, A.; TIBOLA, C. S.; DALMAGO, G. A.; DE MORI, C. **Avaliação dos Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais de Tecnologias Geradas pela Embrapa Trigo – ano base 2007**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.

http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do96.htm

SHEPHERD, A. W. **Economic and Marketing Aspects of Post-harvest Handling of Grains**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, 1993.

SILVA, L. C. **Explosões em Unidades Armazenadoras de Grãos**. Publicado em 16/11/1999 (última atualização) em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais”, 1999.

<http://www.agais.com/explosao.htm>

_____. **Afogamento e Sufocamento em Grãos**. Publicado em 09/2003 na Revista Grãos Brasil: Da semente ao consumo – Ano II, n.º. 11, p. 21-23, 2003.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/d1457.php?download_file=ag0205_afogamento.pdf

_____. **Armazenagem de Grãos**. Publicado em 03/1/2004 (última atualização) em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais”, 2004a.

<http://www.agais.com/armgraos.htm>

_____. **Gases Tóxicos em Unidades Armazenadoras**. Publicado em 03/2004 na Revista Grãos Brasil: Da semente ao consumo – Ano III, n.º. 13, p. 12-14, 2004b.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/d1457.php?download_file=ag0305_gasestoxicos.pdf

_____. **Grãos: Métodos de Conservação**. Publicado em 04/2005 na Revista Grãos Brasil: Da semente ao consumo – Ano IV, n.º. XIX, p. 18-22, 2005a.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/d1457.php?download_file=ag0805_metodos_conservacao_graos.pdf

_____. **Unidades Armazenadoras: Planejamento e Gerenciamento Otimizado**. Publicado em 08/2005 na Revista Cultivar Máquinas – Ano III, no. 44 (Caderno Técnico Máquinas), 2005b.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/d1457.php?download_file=ag0106_planejamento_gerenciamento_ua.pdf

_____. **Unidades Armazenadoras – Impactos Ambientais**. Publicado em 10/2005 na Revista Grãos Brasil: Da semente ao consumo – Ano IV, n.º. XXI, p. 16-18, 2005c.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/d1457.php?download_file=ag0905_impacto_ambiental_ua.pdf

_____. **Agronegócio: Logística e Organização de Cadeias Produtivas**. Artigo apresentado na II Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola – Engenharia do Agronegócio (21 a 25 de maio de 2007). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), 2007.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/manuscript/ms0107_agronegocio.pdf

_____. **Avaliação de Perdas em Unidades Armazenadoras**. Publicado em 09/2009 na Revista Grãos Brasil: Da semente ao consumo – Ano VIII, n.º. 38, p. 18-20, 2009.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

_____. **Estruturas para Armazenagem a Granel**. Boletim Técnico (20.10.2010).

Departamento de Engenharia Rural – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), 2010.

Publicado em “Engenharia de Sistemas Agroindustriais” (www.agais.com)

http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf

SOARES, M. G.; CAIXETA-FILHO, J.V. **Caracterização do Mercado de Fretes Rodoviários para Produtos Agrícolas**. In: CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (Organizadores). **Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais**. Ed. Atlas: São Paulo, 2001.

SOETHE, V. A. **Aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão na Seleção de Gerentes Gerais, pela Caixa Econômica Federal nas Agências da Região Norte do Estado de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

TOMAZELA, J. M. **Frete custa até 50% da safra de soja de MT**. Reportagem publicada (07/03/2010) no Jornal O Estado de São Paulo – Caderno Economia, 2010.

TSAMBOULAS, D.; YIOTIS, G. S.; PANOU, K. D. **Use of Multicriteria Methods for Assessment of Transport Projects**. Journal of Transportation Engineering, p. 407-414, September/October 1999.

TSUNECHIRO, A. **Produção e Mercado de Grãos**. Artigo apresentado na XI Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico (XI RIFIB) em julho / 2005. Aguaí (SP), 2005.

ÜLENGIN, F.; TOPCU, Y. I.; SAHIN, S. Ö. **An Intregrated Decision Aid System for Bosphorus Water-crossing Problem**. European Journal of Operacional Research, n^o. 134, p. 179-192, 2001.

USDA – United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service – Office of Global Analysis. **World Agricultural Production**. Circular Series WAP 11-09 November 2009.

WANKE, P. **A Qualidade da Infra-estrutura Logística na Percepção dos Grandes Exportadores**. Coppead – UFRJ, 2006.

Publicado em 01.12.2006

http://www2.coppead.ufrj.br/port/index.php?option=com_docman&Itemid=204&task=cat_view&gid=56&dir=DESC&order=date&limit=10&limitstart=10

WEBER, E. A. **Excelência em Beneficiamento e Armazenagem de Grãos**. Sales Editora: Canoas (RS), 2005.

VIOLATO, R. R.; MONTEIRO, V. L.; GALVES, M. L. **Incentivos às Viagens pelo Modo a Pé: Aplicação da Metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão**. Revista dos Transportes Públicos – ANTP – Ano 33 – 2^o Quadrimestre, número 128, p. 15-34, 2011.

ZANFELICE, J. C. **Gerenciamento da Construção Civil II – Administração Financeira** (notas de aula). Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 1999.

ZAPATA, J. C. R. **Modelo Híbrido para Estimativa de Parâmetros de Referência como Suporte à Avaliação Social de Projetos**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Capítulo III (4e) – Florianópolis, 1995.

<http://www.eps.ufsc.br/disserta/zapata/indice/index.html#sumario>