Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Gerenciamento de incertezas por análise de decisões: aplicações à otimização da produção e demandas incertas

Danilo Augusto Sarti

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2013

Danilo Augusto Sarti
Engenheiro Agrônomo

Gerenciamento de incertezas por análise de decisões: aplicações à otimização da produção e demandas incertas
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **VITOR AUGUSTO OZAKI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Sarti, Danilo Augusto
Gerenciamento de incertezas por análise de decisões: aplicações à otimização da produção e demandas incertas / Danilo Augusto Sarti. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
109 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.
Bibliografia.

1. Análise de decisões 2. Incertezas 3. Otimização da Produção 4. Milho I. Título

CDD 338.17315
S249g

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Carlos e Carmem, pelo carinho e apoio conferidos em todos os momentos e, também, por sempre me incentivarem na continuidade dos estudos.

Aos meus sobrinhos pelas alegrias.

À Mayra, pelos horizontes abertos.

À Vó Paula, que emprestou a mesa de cozinha onde aprendi sobre genética e melhoramento de alógamas desde criança.

Ao pesquisador João Batista Rosolem, um dos pioneiros no melhoramento e na criação da cadeia de milhos especiais no Brasil, entre eles o milho doce para enlatados.

Aos amigos músicos que me acolheram nos momentos em Piracicaba: Débora Letícia, Marcos Januário, Ernst e Maria Aparecida Mahle e Otiniel Aleixo (legal).

Com amor ***DEDICO***

AGRADECIMENTOS

Ao departamento de Economia, Administração e Sociologia da USP de Piracicaba, seus funcionários e professores.

Ao professor Vitor Ozaki pelo apoio à idéia inicial do trabalho e por sempre incentivar e proporcionar condições para a sua realização, pelas orientações e correções.

Ao professor Adriano J.B.V. de Azevedo Filho pelos cursos de Matemática, Estatística, Análise de Decisões e Gerenciamento de Sistemas de Informação, realizados na graduação e na pós-graduação, orientações e inspirações, sem os quais esse trabalho não teria sido possível.

To professor Yinyu Ye and the Phd candidate Zizhuo Wang, both form Stanford University, and who helped a lot in the earlier moments of the work with instructions about the model in which the economic model of this work was inspired.

À Criagene SK, empresa de pesquisa e desenvolvimento de sementes de milho híbrido, por permitir visitas à sua estrutura e por disponibilizar sua equipe para dúvidas e esclarecimentos em diversas etapas do trabalho.

Aos membros da banca de qualificação: doutora Andréia Adami, professor João Martinez e professor Lucílio Alves pelas orientações, contribuições e correções, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas Luciano Silveira, pela ajuda na criação da classe de bibliografia do TEX e do preâmbulo no qual o trabalho foi escrito e Natália Martins, por ter previamente testado com sucesso o preâmbulo em sua dissertação. Aos amigos Jayane Oliveira e Heitor Arakawa, pelos momentos passados nessa época de mestrado.

Life is uncertain: Eat the dessert first!

Probability is not really about numbers; its about the structure of reasoning - G. Shafter

$(Q, K) \to q \in Q$ ***- D.J. White***

Cuidar do pé de milho que demora na semente - Djavan

Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir. - Cora Coralina

SUMÁRIO

RESUMO . . . 13
ABSTRACT . . . 15
LISTA DE FIGURAS . . . 17
LISTA DE TABELAS . . . 19
1 INTRODUÇÃO . . . 21
1.1 O contexto de mercado e da produção agrícola . . . 21
1.2 Objetivos do trabalho . . . 22
1.3 Contribuições do trabalho . . . 23
1.4 Seções do trabalho . . . 24
2 MARCOS LEGAIS E MERCADO DE SEMENTES DE MILHO NO BRASIL . . . 27
2.1 Evolução do marco legal do setor de sementes no Brasil . . . 27
2.2 Evolução do mercado de sementes de milho entre 1990 e 2007 . . . 28
2.3 Estágio aual do mercado de sementes de milho no Brasil: concentração e desnacionalização . . . 29
2.4 Situação atual da liberação de milho OGM no Brasil . . . 33
2.5 O papel da propriedade intelectual no mercado de sementes de milho . . . 36
2.6 Perspectivas futuras para o mercado de sementes no Brasil . . . 37
3 REVISÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA . . . 39
3.1 Decisões: teoria, modelos normativos, descritivos e prescritivos . . . 39
3.1.1 Análise de decisões: teoria aplicada de decisão . . . 40
3.1.1.1 Dinâmica da análise de decisões . . . 41
3.1.1.2 Análise de decisões: origem e breve histórico . . . 41
3.1.1.3 Implementação da análise de decisões: o conceito de base de decisões . . . 42
3.1.1.4 Implementação da análise de decisões: modelagem . . . 43
3.1.1.5 Implementação da análise de decisões: diagramas de influência . . . 44
3.2 Gerenciamento de incertezas por análise de decisões . . . 45
3.2.1 Incertezas e probabilidades . . . 45
3.2.2 Gerenciamento de incertezas . . . 46

3.3 Modelo de otimização: fundamentos, derivação e resolução 47
3.3.1 Custos associados à diferença entre a quantidade produzida e demandada de um produto e sua otimização 47
3.3.1.1 A Função maior valor entre 47
3.3.1.2 Custo associado ao excesso de oferta 48
3.3.1.3 Custo associado ao excesso de demanda 49
3.3.1.4 Custo total associado à diferença entre as quantidades ofertadas e demandadas 49
3.3.1.5 Derivação da função objetivo do modelo de otimização 50
3.3.1.6 Derivação do modelo de otimização 50
3.4 Modelagem de demandas por simulação computacional 51
3.5 Elementos básicos de melhoramento de plantas alógamas 52
3.5.1 Melhoramento de alógamas: tipos de híbridos 53
4 METODOLOGIA 55
4.1 Metodologia para resultados parte A 55
4.1.1 Fluxograma de produção de sementes 55
4.1.2 Mapeamento das decisões na pesquisa e desenvolvimento e na produção de sementes 56
4.2 Metodologia para resultados Parte B 58
4.2.1 Otimização do custo associado ao excesso de oferta e demanda através de uso de projeção da demanda 59
4.2.1.1 Uso de informação advinda da percepção subjetiva dos agentes na modelagem 59
4.2.1.2 Dados 59
4.2.1.3 Simulação da área plantada mapeada atualmente na região considerada 60
4.2.1.4 Simulação das variações de área plantada entre safras consideradas 61
4.2.1.5 Simulação da área futura plantada com o cultivar de interesse 61
4.2.1.6 Simulação dos *market shares* futuros 62
4.2.1.7 Simulação da área plantada futura com o cultivar de interesse 62
4.2.1.8 Simulação das quantidades demandadas 62
4.2.2 Otimização do modelo econômico 63

4.2.3 Obtenção das diferentes faixas de lucro com o cultivar de interesse 64
4.2.3.1 Simulação dos preços 64
4.2.3.2 Simulação dos custos 64
4.2.3.3 Simulação dos lucros 65
4.2.3.4 Cálculo da probabilidade de diferentes faixas de lucro 65
4.2.4 Qualidade do ajuste de distribuições a dados 66
4.2.4.1 Dinâmica geral dos testes de ajuste 66
4.2.4.2 Teste de Anderson-Darling 66
4.2.4.3 Implementação computacional 67
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 69
5.1 Resultados parte A: fluxograma da produção e decisões na produção de sementes de milho 69
5.1.1 Fluxograma da produção de sementes de milho 69
5.1.2 Decisões no desenvolvimento de produtos 72
5.1.2.1 Decisões no desenvolvimento de produtos: o melhoramento genético 72
5.1.2.2 Decisões no desenvolvimento de produtos: a biologia molecular 76
5.1.2.3 Decisões no desenvolvimento de produtos: materiais não registrados a serem ensaiados em diversas localidades 78
5.1.2.4 Decisões no desenvolvimento de produtos: materiais a serem regulamentados 81
5.1.2.5 Decisões no desenvolvimento de produtos: materiais regulamentados cujas genéticas serão produzidas 82
5.1.3 Decisões na produção de sementes 84
5.1.3.1 Decisões na produção de sementes: produção de sementes básicas 84
5.1.3.2 Decisões na produção de sementes: produção de sementes comerciais 86
5.2 Resultados parte B: otimização do custo associado ao excesso de oferta e demanda através de uso de projeção da demanda por simulação computacional 89
5.2.1 Simulação das quantidades demandadas futuras 89
5.2.1.1 Simulação da área plantada mapeada atualmente na região 89
5.2.1.2 Simulação das variações de área plantada entre safras consideradas 90
5.2.1.3 Simulação da área futura plantada com o cultivar de interesse 91
5.2.1.4 Simulação dos market share futuros 92

5.2.1.5 Simulação da área plantada futura com o cultivar de interesse 93
5.2.1.6 Simulação das quantidades para projeção da demanda futura 94
5.2.2 Otimização do modelo econômico 95
5.2.3 Obtenção das diferentes faixas de lucro com o cultivar de interesse 96
5.2.3.1 Simulação dos preços 96
5.2.3.2 Simulação dos custos 98
5.2.3.3 Simulação dos lucros 100
5.2.3.4 Cálculo da probabilidade de diferentes faixas de lucro 102
6 CONCLUSÕES 103
REFERÊNCIAS 105

RESUMO

Gerenciamento de incertezas por análise de decisões: aplicações à otimização da produção e demandas incertas

A produção de sementes de milho é um processo que engloba variáveis de diversas naturezas. A quantidade de sementes a ser produzida é decisão fundamental para um produtor de sementes. Dessa forma, é necessário contextualizar a decisão da quantidade a se produzir dentro de todas as decisões que um produtor de sementes realiza no desenvolvimento de produtos e na produção. Assim, é possível com o uso de um modelo de custo associado ao excesso de oferta e demanda, determinar-se a quantidade de sementes à ser produzida que otimize este custo. Para tal, é necessário a obtenção de uma projeção para a demanda futura por simulação computacional. Dentro desse contexto, foi confeccionado um fluxograma para o processo de desenvolvimento de produtos e produção de sementes. Após isso, mapearam-se as decisões envolvidas com uso de diagramas de influências e determinou-se através de projeção da demanda por simulação a quantidade ótima de sementes de um cultivar a ser produzida para abastecer uma região de referência, determinada pelo modelo econômico desenvolvido no referencial. Além disso, devido à quantidade de informaçõe simuladas foi possível a obtenção das probabilidades de diferentes faixas de lucro obtidas com o cultivar de interesse na região considerada.

Palavras-chave: Análise de decisões; Incertezas; Otimização da Produção; Milho

ABSTRACT

Uncertainty management through decision analysis: applications to production optimization and uncertain demands

Corn seed production is a complex process. The quantity of seed that a firm should produce is an important parameter. It is important for a seed producer to put the decision related to quantity to be produced in the context of all decisions made for product development and for the production process. Thus, with support of an model for costs related to excess of demand or supply, a firm could set the optimal quantity of seed to be produced that minimizes this cost. This methodology requires the use of a projection of demand through simulation. In these context, was built a flowchart for the process of product development and seed production. Then decisions and related uncertainties in these processes were mapped through influence diagrams. After the map production, the decision regarding the quantity to be produced was put in context and this quantity was determined by the methodology discussed. The analysis considered a cultivar and an interest region. Information got through simulation was also used to quantify the probabilities of different potential profits reached by the cultivar in the interest region.

Keywords: Decision analysis; Uncertainty; Optimization; Production; Corn

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das empresas produtoras de semente no Brasil por tipo de capital. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor. 30
Figura 2 - Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na safra 2010/11. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor. 31
Figura 3 - Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na safra 2011/12. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor. 31
Figura 4 - Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na segunda safra 2011. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor. 31
Figura 5 - Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na segunda safra 2012. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor. 31
Figura 6 - Infográfo do mercado de sementes. Fonte: O autor 32
Figura 7 - Dinâmica da construção da base de decisão e da análise de decisões. Fonte: O autor. 43
Figura 8 - Estrutura geral de diagramas de influência. Fonte: O autor. 44
Figura 9 - Diagrama de influência para o problema proposto no trabalho. Fonte: O autor. 45
Figura 10 - Contexto geral de mercado. Fonte: O autor. 48
Figura 11 - Exemplo de diagrama de influências. Fonte: O autor. 57
Figura 12 - Fluxograma simplificado para desenvolvimento de produtos. Fonte: Consultas e visitas técnicas adaptadas pelo autor. 70
Figura 13 - Fluxograma simplificado para produção de sementes. Fonte: Consultas e visitas técnicas adaptadas pelo autor. 70
Figura 14 - Decisões no desenvolvimento de produto: o melhoramento. Fonte: O autor. 74
Figura 15 - Decisões no desenvolvimento de produto: a biologia molecular. Fonte: O autor. 77
Figura 16 - Decisões no desenvolvimento de produto: materiais a serem ensaiados em várias localidades. Fonte: O autor. 79
Figura 17 - Decisões no desenvolvimento de produto: materiais a serem regulamentados. Fonte: O autor. 81

Figura 18 - Decisões no desenvolvimento de produto: genéticas a serem produzidas. Fonte: O autor. 83
Figura 19 - Decisões na produção de sementes: básicas a serem produzidas. Fonte: O autor. 85
Figura 20 - Decisões na produção de sementes: comerciais a serem produzidas. Fonte: O autor. 87
Figura 21 - Dispersão dos valores simulados de área atual. Fonte: O autor. 90
Figura 22 - Dispersão para os valores simulados para variação de área plantada. Fonte: O autor. 91
Figura 23 - Dispersão dos valores simulados de área futura. Fonte: O autor. 92
Figura 24 - Dispersão dos valores simulados de *market share*. Fonte: O autor. 93
Figura 25 - Dispersão dos valores simulados de área plantada futura. Fonte: O autor. 94
Figura 26 - Histograma das quantidades demandadas futuras. Fonte: O autor. 95
Figura 27 - Dispersão dos valores simulados de quantidade demandada. Fonte: O autor. 95
Figura 28 - Dispersão dos valores simulados de preço futuro. Fonte: O autor. 98
Figura 29 - Dispersão dos valores simulados de porcentagem de custo em relação ao preço de venda. Fonte: O autor. 99
Figura 30 - Dispersão dos valores simulados de custo. Fonte: O autor. 99
Figura 31 - Histograma dos valores simulados de custo. Fonte: O autor. 100
Figura 32 - Dispersão dos valores simulados de lucro. Fonte: O autor. 101
Figura 33 - Histograma dos valores simulados de lucro em milhões de reais. Fonte: O autor. 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Eventos ogm de milho no Brasil. Fonte: Alves et al. (2012) adaptado pelo autor. 35
Tabela 2 - Tipo de abordagem ao processo de decisão. Fonte: Bell e Raiffa H. (1991) adaptado pelo autor 39
Tabela 3 - Função maior valor entre. Fonte: O autor. 47
Tabela 4 - Origem de híbridos x linhagens. Fonte: Allard (1999) adpatado pelo autor. 54
Tabela 5 - Preços obtidos em levantamento por telefone. Fonte: Revendas. 60
Tabela 6 - Parâmetros nas decisões de melhoramento. Fonte: O autor 75
Tabela 7 - Parâmetros nas decisões de biologia molecular. Fonte: O autor. 78
Tabela 8 - Parâmetros na decisão de quais materiais serão ensaios em várias localidades. Fonte: O autor. 80
Tabela 9 - Parâmetros na decisão de regulamentação. Fonte: O autor. 82
Tabela 10 - Parâmetros na decisão produção de sementes genéticas. Fonte: O autor. . 84
Tabela 11 - Parâmetros na decisão produção de sementes básicas. Fonte: O autor. . . . 85
Tabela 12 - Parâmetros na decisão produção de sementes comerciais. Fonte: O autor. 88
Tabela 13 - Estatísticas descritivas dos valores de área atual simulada. Fonte: O autor. 90
Tabela 14 - Estatísticas descritivas dos valores de variação de área simulada. Fonte: O autor. 91
Tabela 15 - Estatísticas descritivas dos valores de área futura simulada. Fonte: O autor. 92
Tabela 16 - Estatísticas descritivas dos valores de market share. Fonte: O autor. 93
Tabela 17 - Estatísticas descritivas dos valores simulados de área futura plantada com cultivar de interesse. Fonte: O autor. 94
Tabela 18 - Preços obtidos em levantamento por telefone. Fonte: O autor. 96
Tabela 19 - Preços obtidos por reamostragem. Fonte: O autor. 97
Tabela 20 - Distribuição normal ajustada aos dados. Fonte: O autor. 97
Tabela 21 - Estatísticas descritivas dos valores de preço simulados da distribuição ajustada. Fonte: O autor. 98

Tabela 22 - Estatísticas descritivas dos custos simulados da distribuição ajustada. Fonte: O autor. 100
Tabela 23 - Estatísticas descritivas dos custos simulados. Fonte: O autor. 101
Tabela 24 - Probabilidades de diferentes faixas de lucros. Fonte: O autor. 102

1 INTRODUÇÃO

1.1 O contexto de mercado e da produção agrícola

A teoria econômica propõe o conceito de bem ou serviço como tudo aquilo que visa o atendimento de uma necessidade humana. A partir desse conceito básico, é possível conceber um contexto de oferta e demanda por bens e serviços que definem o mercado (VARIAN; VARIAN, 2006).

De acordo com a teoria microeconômica, o mercado pode ser analisado pela ótica do produtor, que visa a alocação de recursos na produção de bens ou serviços e objetiva a maximização de seu lucro. Pela ótica do consumidor, o enfoque é a maximização da utilidade proporcionada pelo consumo dadas restrições como, por exemplo, o orçamento deste (SILBERBERG; SUEN, 2001).

Para a produção agrícola, diversos recursos são alocados por agentes definidos microeconomicamente como firmas ou produtores. Estes produzem bens diversos tais como grãos, fibras, biomassa, bioenergia etc. Em outras palavras, a produção das culturas agrícolas envolve o uso de insumos de diversas origens, recursos ambientais e genéticos.

Dentre os insumos envolvidos na produção das culturas agrícolas merece destaque o material biológico que originará os indivíduos vegetais de interesse. Para cada cultura, esse item varia desde as mudas para a implantação de pomares e florestas e estruturas vegetativas para a cana de açúcar até a semente, no caso de cereais como o milho.

A semente, por armazenar o material genético primordial ao desenvolvimento das culturas e, portanto, à produção agrícola, tem grande importância no agronegócio, sendo caracterizada como um insumo. Embora seja insumo da produção de grãos, a semente pode ser vista por parte do produtor de sementes como um produto final, o qual abastecerá um mercado consumidor.

De forma geral, a produção de sementes de milho engloba variáveis genéticas, técnico-agronômicas e econômicas, como forma de se obter produtos com parâmetros técnicos adequados, que atendam de forma economicamente viável os consumidores de sementes.

Para tal, o produtor de sementes deve contar com planejamento adequado e que integre a oferta de sementes ao material genético disponível em sua rede de pesquisa,

à quantidade demandada pelo produto e à viabilidade econômica do processo. Para uma perspectiva de produção de sementes otimizada verifique (JOHNES et al., 2003) e (JUNQUEIRA; MORABITO, 2008).

Um problema frequentemente enfrentado pelo produtor de sementes de milho é a necessidade de se decidir antecipadamente pela quantidade a se produzir e, portanto, a ofertar ao mercado. Isso se deve à complexidade técnica envolvida na produção.

Em geral, para ofertar semente na próxima época de plantio, o produtor deve montar seus campos de produção em períodos anteriores à época de venda. Tais campos, após instalados, dificilmente poderão ter suas áreas alteradas, o que permite poucas chances de se variar a quantidade produzida.

Uma vez que a quantidade de sementes produzidas é relativamente fixa ou rígida, o produtor de sementes pode ao final do seu processo de produção enfrentar três cenários: ofertar em excesso (excesso de oferta), ofertar quantidade idêntica à demandada ou ofertar quantidade menor que a demandada (excesso de demanda pelo bem).

Em cada um dos cenários o produtor incorrerá em uma consequência econômica, que pode ser sintetizada através do conceito de custo associado ao excesso de demanda ou excesso de oferta. Quando ofertar exatamente a quantidade demandada esse custo não existirá, como será formalizado no referencial teórico.

Um produtor de sementes racional procuraria produzir exatamente a quantidade demandada, sem incorrer na necessidade de estoque e custos associados, além de minimizar os custos associados ao excesso de oferta e demanda.

Neste cenário, a decisão sobre a quantidade de sementes a se produzir tem sua relevância evidenciada, e pode ser vista como função da quantidade e qualidade informacional do produtor de sementes acerca da quantidade demandada por seu produto. Em outras palavras, a forma como o produtor de sementes acessa a informação sobre a incerteza em relação à demanda de seu produto passa a ter impacto nos custos associados ao excesso de oferta e de demanda.

1.2 Objetivos do trabalho

Numa perspectiva interdisciplinar, este trabalho pretende produzir um fluxograma simplificado da produção de sementes de milho o que será desenvolvido na parte A dos resultados. Na mesma seção será realizado um mapeamento das decisões envolvi-

das no processo de desenvolvimento de produtos e produção de sementes. As principais ferramentas utilizadas serão diagramas de influência e tabelas descritoras.

Após o mapeamento das decisões será contextualizada a necessidade da determinação da quantidade ótima de sementes comerciais a serem produzidas, minimizando-se o custo associado ao excesso de oferta e demanda.

Ao contextualizar-se a necessidade de se quantificar a quantidade ótima a ser produzida, esta será determinada através do uso do modelo econômico proposto no referencial teórico. Para alimentação deste modelo será utilizada uma projeção da demanda futura por sementes de um cultivar em uma região. Tal projeção será obtida através de simulação computacional alimentada por parâmetros objetivos e informações advindas da percepção individual de agentes de mercado entrevistados.

Devido à quantidade de informações obtidas através das simulações, serão determinadas as diferentes faixas de lucro e as probabilidades associadas ao vender-se o cultivar na região analisada. Isso se fará através de simulação de difentes faixas de preço, quantidade vendida e custo de produção.

Outro objetivo do trabalho é ilustrar a dinâmica do gerenciamento de incertezas, no caso em relaçâo à demanda incerta, dentro do contexto de uma ferramenta de análise/engenharia de decisões, desenvolvida por (HOWARD, 1988) e (HOWARD, 2004).

1.3 Contribuições do trabalho

O trabalho contribui de forma interdisciplinar para a microeconomia aplicada, para o gerenciamento de incertezas por análise de decisões e para a contextualização econômica e otimização da produção de sementes de milho no Brasil.

No campo da microeconomia aplicada, contribui para ilustrar a possibilidade de modelagem da demanda por distribuições de probabilidade simuladas, utilizando-se parâmetros objetivos e subjetivos de pessoas experientes entrevistadas. Isso permite um uso eficiente de informação de diversas naturezas disponíveis.

Outra contribuição é a aplicação do modelo econômico de custo associado ao excesso de oferta ou demanda proposto em Ye, Glynn e Wang (2010) em um problema econômico real no mercado de sementes. O trabalho original de Ye, Glynn e Wang (2010) trata teoricamente de um problema econômico presente em outro segmento do mercado. Dessa forma, experiências relevantes de determinados setores podem ser utilizadas em

outros.

Para o gerenciamento de incertezas por análise de decisões, a contribuição principal é a ilustração das dinâmicas das ferramentas propostas pela teoria relacionada, assim como demonstrar a amplitude e flexibilidade de sua utilização, permitindo que instituições decidam formalizadamente.

Contribui-se também para inserção dessas ferramentas na cadeia de sementes, como forma de ilustrar o potencial de resolução de problemas importantes do setor por esta, aumentando o espectro de utilização da ferramenta proposta em (AZEVEDO FILHO, 2006).

O trabalho também contribui para caracterização da mais recente estruturação do mercado de sementes de milho no Brasil, organizando informações dos trabalhos mais atuais sobre o setor e sua dinâmica, enriquecendo, dessa forma a literatura sobre o tema.

1.4 Seções do trabalho

O trabalho se inicia com uma pequena introdução que contextualiza o problema proposto, os principais objetivos e contribuições do trabalho.

No segundo capítulo é realizada uma breve descrição da evolução do marco legal no mercado de sementes no Brasil e da evolução do mercado de sementes de milho entre os anos 90 e o período atual. O capítulo caracteriza a desnacionalização e a tendência de concentração do mercado, assim como a importância da propriedade intelectual na evolução do setor. O objetivo principal desse capítulo é contextualizar o leitor na perspectiva mais ampla do mercado de sementes de milho no Brasil.

O terceiro capítulo realiza uma revisão teórica e metodológica da literatura sobre a ferramenta de análise de decisões utilizada no trabalho, dos principais conceitos da teoria de decisão e dos modelos para decisão. Este capítulo introduz o conceito de gerenciamento de incertezas por análise de decisões, o de custo associado ao excesso de oferta ou demanda e a derivação do modelo de otimização considerado no trabalho. Posteriormente, o capítulo trata da modelagem de demandas por simulação computacional.

O quarto capítulo descreve a metodologia usada no trabalho para a confecção do fluxograma da produção de sementes e mapeamento das decisões no setor. Além disso, é descrita a metodologia para a resolução analítica do modelo de otimização

e a metodologia referente à determinação das probabilidades de diferentes faixas de lucro com um cultivar específico para a região.

O quinto capítulo descreve os principais resultados do trabalho. Encontra-se dividido em duas partes, denominadas de Parte A e Parte B. Na parte A, é descrito o fluxograma obtido para o processo de pesquisa , desenvolvimento de produtos e produção de sementes de milho, além de mapear as decisões tomadas nas diferentes etapas de tais processos. Na parte B, são apresentados os resultados das simulações, determinada a quantidade ótima de sementes a ser produzida, que minimize a esperança do custo associado ao excesso de oferta ou demanda, assim como são determinadas as probabilidades de diferentes faixas de lucro obtidas com um produto específico para a região.

O último capítulo enuncia as principais conclusões do trabalho.

As referências utilizadas são descritas na bibliografia.

2 MARCOS LEGAIS E MERCADO DE SEMENTES DE MILHO NO BRASIL

2.1 Evolução do marco legal do setor de sementes no Brasil

Segundo Grupo ETC (2007) a organização do setor de sementes no Brasil foi iniciada na década de 1920 com a criação do Serviço de Sementes no Ministério da Agricultura e em 1965 foi promulgada a lei de sementes que estabeleceu as condições legais para o início do desenvolvimento do setor no país.

Os artigos 21 e 29 do Decreto nº 81.771, de 07 de junho de 1978 (Anexo I), regulamentavam a lei de sementes e norteavam o registro de cultivares no Ministério da Agricultura.

Atualmente, o setor de sementes no Brasil é regido pela lei Nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas, dá outras providências e é regulamentada pelo decreto nº 5.153/2004. De acordo com a legislação atual, o Sistema Nacional de Sementes e Mudas objetiva garantir a identidade e a qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo o território nacional.

Além da lei Nº 10.711, a lei Nº 11.105 de 2005 estabelece os termos para segurança e fiscalização de organismos geneticamante modificados, com impactos no setor de produção de sementes. Regulamentada pelo decreto Nº 5591/05, a lei de biossegurança elevou o nível de segurança jurídica para o setor produtivo e de investigação no Brasil, o que resultou em aumento na taxa de aprovação de organismos geneticamante modificados (SOUZA, 2012). A lei instituiu o Sistema Brasileiro de Biossegurança, que envolve as seguintes entidades: CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança), OERFs (Orgãos e Entidades de Registro e Fiscalização), CNBS (Conselho Nacional de Biossegurança) e CIBios (Comissão Interna de Biossegurança) (SOUZA, 2012).

Outro marco legal de reconhecida importância para o setor é a lei Nº 9279 de proteção industrial (lei de patentes), que relaciona-se à proteção da propriedade intelectual com impactos na dinâmica atual de eventos transgênicos.

2.2 Evolução do mercado de sementes de milho entre 1990 e 2007

O milho tem elevada importância econômica e social, sendo um dos cereais mais consumidos no mundo. É cultivado em 125 países em desenvolvimento, em 75 dos quais constitui uma das três culturas mais consumidas pela população (BODDUPALI, 2012).

No Brasil, segundo dados do IBGE, no ano de 2010 foram plantados aproximadamente 12.967.620 hectares do cereal, em diversas regiões, com especial destaque para os estados do Paraná, Mato Grosso, São Paulo e Goiás. Toda essa área plantada do cereal consiste em grande mercado consumidor de sementes.

De acordo com a Associação Nacional dos Produtores de Sementes e Mudas (ABRASEM), essa área plantada é abastecida por sementes produzidas por diversas empresas de capital nacional ou não, congregadas em associações de produtores. Ainda de acordo com a Abrasem em dados da safra 2010 e 2011 , a produção de sementes de milho representou de cerca de 281.746 toneladas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE SEMENTES, 2012).

O mercado de sementes de milho no Brasil teve seu início fundamentado em empresas de capital inteiramente nacional e com poucos representantes multinacionais. Empresas as quais desenvolveram grandes e sólidos programas de pesquisa e melhoramento, obtendo produtos de altíssimo desempenho, qualidade e adaptação, especialmente após a adoção e difusão da tecnologia do milho híbrido.

Nessa fase inicial de sua evolução, o mercado nacional de sementes de milho era dominado pelas empresas Braskalb, Pioneer, Agroceres e Cargill Moura e Martinelli (2006) com destaque em milhos de grão do tipo normal. São exemplos de empresas de capital nacional à essa época a Embrapa Milho e Sorgo, a Híbridos Especiais Colorado (que atuava no mercado de grãos do tipo doce e ceroso, mas também com programa de grãos normais), a Sementes Hatã, a FT Biogenética e a Agroceres (MOURA; MARTINELLI, 2006).

Entretanto, a partir do final da década de 90, companhias multinacionais começaram a adquirir as companhias de capital nacional, como forma de obter ativos (bancos de germoplasma , estrutura de produção e canais de distribuição) que eram complementares aos ativos que possuiam (biotecnologia e financeiro), os quais foram conquistados em outros ramos como o químico e o farmacêutico.

Ao obter essa complementaridade tais companhias começaram a produzir produtos de maior valor biotecnológico (OGM´s) (GUERRANTE, 2007). Essa estratégia de complementaridade também foi utilizada em outros ramos além das sementes de milho, aplicando-se também à soja e, mais recentemente à cana e outras culturas.

Foi nesse cenário que a Monsanto adquiriu a divisão de sementes da Agroceres, a divisão Latino-Americana da Cargill, a Dekalb em 1998 e a Braskalb em 1999. Por sua vez, a DuPont entrou no mercado de sementes através da aquisição da Pionner, e a Dow Chemical através da compra da Dinamilho, da Carol, da Híbridos Colorado, da Sementes Hatã e da FT Biogenética , dando origem ao setor DowAgrosciences, que em 2007 adquiriu a Agromen (HOWARD, 2009), (MOURA; MARTINELLI, 2006) e (GRUPO ETC, 2007).

Ainda de acordo com Grupo ETC (2007) em 2005 a Nidera adquiriu os programas de soja e milho da Bayer e em 2007 a Monsanto adquiriu a Agroeste. Antonialli (2012) por sua vez relata que a alemã KWS adquiriu as empresas Nacionais Semília, Ríber e Delta e a francesa Limagrain adquiriu as empresas nacionais Guerra e Brasmilho.

2.3 Estágio aual do mercado de sementes de milho no Brasil: concentração e desnacionalização

Pelo exposto anteriormente, pode se verificar a ocorrência de forte desnacionalização e concentração de poder de mercado no setor de sementes de milho.

Antonialli (2012) cita que em 1997 a situação do setor de sementes era a representada na Figura 1, evidenciando um predomínio do setor nacional e participação do setor público, com poucos representantes internacionais.

Antonialli (2012) argumenta ainda que o cenário entre 1997 e o atual mudou bastante, especialmente após a era dos transgênicos. Atualmente a distribuição das empresas por setor é representada na Figura 6, que apresenta um infográfo [1] que resume as informações disponíveis em (MOURA; MARTINELLI, 2006), (GRUPO ETC, 2007), (HOWARD, 2009) e (ANTONIALLI, 2012).

Ainda de acordo com Antonialli (2012), o setor nacional não teve condições de acompanhar a evolução gerada pela transgenia e o setor público também falhou em auxiliar o setor nacional nessa evolução, tendo sido ausente a participação de universidades

[1] para maiores detalhes sobre infografos acesse http://www.smallmeans.com/new-york-times-infographics/

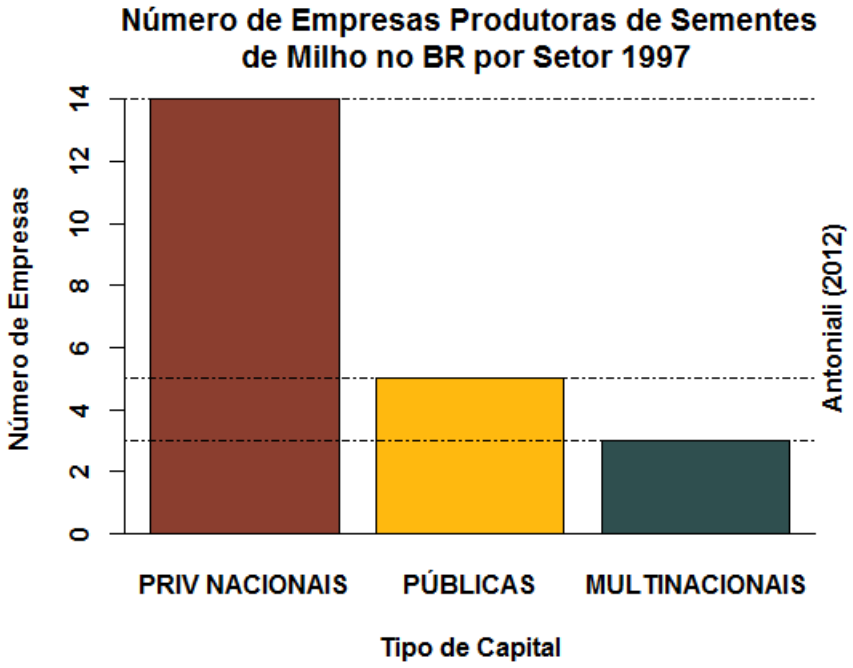

Figura 1 – Distribuição das empresas produtoras de semente no Brasil por tipo de capital. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor.

e empresas públicas no desenvolvimento de transgenias efetivas para milho em convênio com empresas nacionais. Antonialli (2012) cita ainda que na década de 90 a situação da indústria nacional de sementes de milho foi dicutida e acreditava-se que as instituições públicas tivessem capacidade de desenvolver transgenia para milho. O mesmo autor cita a falta de vontade política e de decisão para a realização dessa tecnologia, uma vez que o Brasil possui instituições públicas e técnicos para realização da tarefa.

Assim, os produtos de empresas nacionais perderam competitividade em relação aos transgênicos, mesmo atingindo patamares de produtividade iguais aos das cultivares OGM em várias localidades referentes ao ensaio nacional da Embrapa (EMBRAPA, 2012).

A adoção das cultivares transgênicas tem sido acentuada nos últimos anos e está relacionada, centralmente, aos amplos programas de *marketing* realizado pelas empresas detentoras dessas cutivares.

A evolução da participação das cultivares transgênicas no total de sacas de milho vendidas por nível de tecnologia, ao longo das primeiras safras 2010/11 e 2011/12 e das segundas safras de 2011 e 2012 encontram-se nas Figuras 2, 3, 4 e 5, adaptadas de (ANTONIALLI, 2012). Os termos referentes aos níveis descritos nas figuras são discutidos

na sequência.

Pelas figuras podemos notar que desde o ano de 2010 as cultivares transgênicas têm aumentado sua participação no total de sementes comercializadas e que esse avanço é rápido e forte.

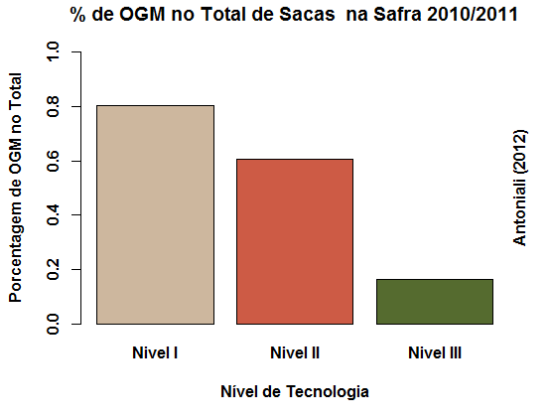

Figura 2 – Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na safra 2010/11. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor.

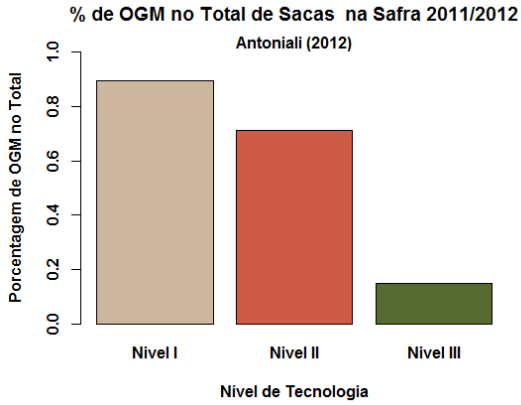

Figura 3 – Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na safra 2011/12. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor.

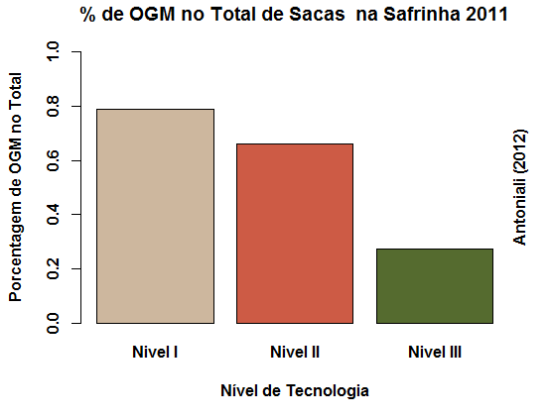

Figura 4 – Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na segunda safra 2011. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor.

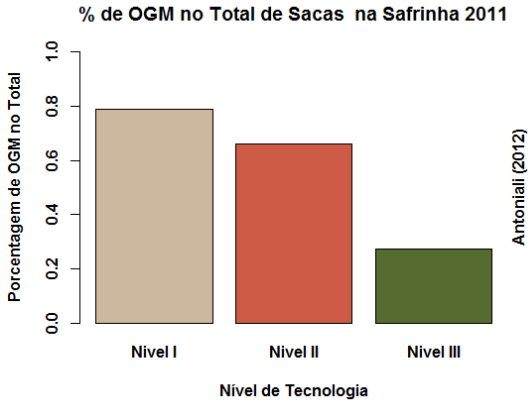

Figura 5 – Proporção de sementes OGM em relação ao total de sacas vendidas na segunda safra 2012. Fonte: Antonialli (2012) adaptado pelo autor.

Ainda de acordo com as mesmas figuras, a adoção da tecnologia foi maior por agricultores de alta tecnologia que são minoria em relação ao total de agricultores. Um dos fatores possíveis para explicar esse fenômeno é o valor elevado da saca de semente transgênica em relação à semente de cultivares convencionais. O níveis de tecnologia usados por Antonialli (2012), sem definição explícita, e reproduzidos nas figuras anteriores

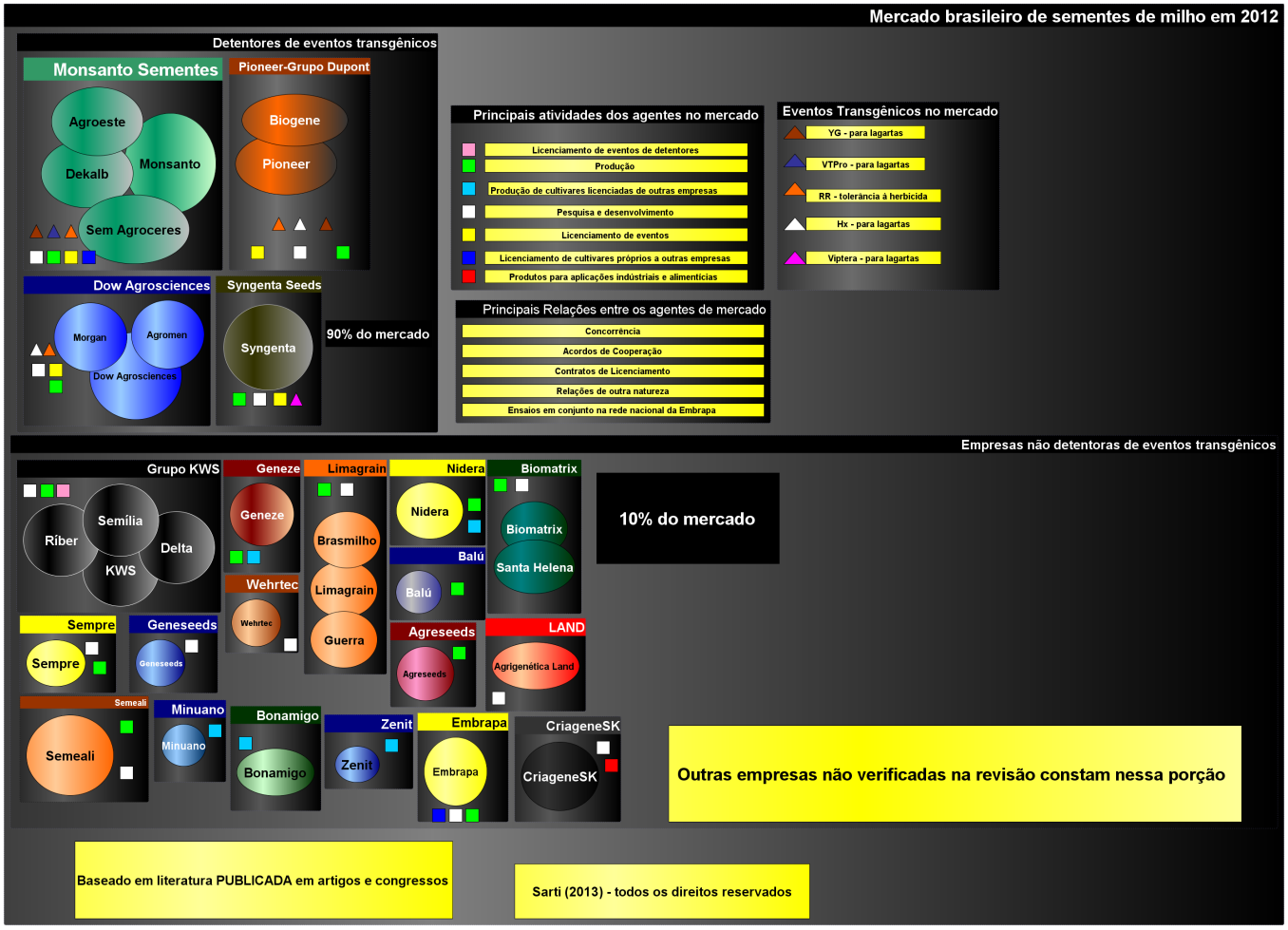

Figura 6 – Infográfo do mercado de sementes. Fonte: O autor

provavelmente são correspondentes aos termos alta, média e baixa tecnologia, respectivamente. O nível I refere-se, aparentemente, a produtores com pouco acesso às melhores condições de produção em termos de insumo e outros fatores. O nível II, aparentemente refere-se a produtores com acesso a tecnologias melhores que as disponíveis ao nível I, mas inferiores às melhores e mais eficientes disponíveis no mercado. Por sua vez, o nível III corresponde aos agricultores mais tecnificados e com acesso às melhores tecnologias e insumos de produção disponíveis.

Além da estratégia da captura de mercados pela aquisição de empresas menores, as grandes empresas têm adotado uma nova estatégia de licenciamento da tecnologia transgênica. Essa estratégia visa empresas que não possuam OGM em seu porfólio. Assim, através do licenciamento, a empresa detentora do evento transgênico participa do mercado da empresa que obtém o direito de uso da tecnologia em seus produtos, mediante o pagamento de *royalties*.[2] Nesse contexto, evento transgênico refere-se à única recombinação de DNA que teve lugar em uma célula vegetal, a qual, posteriormente, deu origem a uma planta trasgênica, sendo, portanto, a primeira etapa para produção de sementes transgênicas.

Outra estatégia utilizada pelos detentores de eventos é a associação de eventos próprios com eventos transgênicos de outras companhias, como é o caso da tecnologia PowerCore, que envolve convênio entre a DowAgrosciences e o grupo Monsanto.

Essas estratégias permitem, de acordo com Antonialli (2012) que as quatro empresas detentoras de eventos transgênicos detenham 90 % do mercado de sementes de milho no Brasil, fato que caracteriza o mercado de sementes de milho atual como um oligopólio.

2.4 Situação atual da liberação de milho OGM no Brasil

De acordo com Alves et al. (2012), em 2011 foram plantados 160 milhões de hectares de culturas geneticamente modificadas, sendo que o Brasil ocupou o segundo lugar em área plantada e foi o país que teve maior expansão no uso de variedades OGM, entre eles o milho trasngênico. Alves et al. (2012) explicita ainda que o número de variedades OGM´s de milho liberadas pela CTNBio era igual a dezoito. Dessas liberações, três referem-se à resistência a lepidópteros, três a herbicidas e doze a eventos piramidados

[2]Maiores Detalhes:http://www.monsanto.com/whoweare/Pages/seed-licensing.aspx

[3] (ALVES et al., 2012).

Ademais, Alves et al. (2012) citando International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (2012) relata que em 2011 16,7 milhões de agricultores no mundo eram adeptos do cultivo de OGM divididos em 19 países em desenvolvimento e 10 países desenvolvidos. Alves et al. (2012) citando Brookes e Barfoot (2012) argumenta ainda que de 1996 a 2010 a introdução da biotecnologia agrícola propiciou aumento de produtividade e uma rentabilidade somada de US$ 78 bilhões de dólares. Além disso, forneceu uma melhora nas condições ambientais do meio agrícola através da diminuição de 443 milhões de kg de pesticidas e a redução na emissão de 19 bilhões de kg de CO2. A adoção dessa tecnologia também trouxe benefícios sociais pois freiou a expansão de 91 milhões de hectares de terra e ajudou aproximadamente 15 milhões de pequenos agricultores.

O estado atual das liberações de eventos trasgênicos para milho pode ser encntrado na Tabela 1.

[3]Evento piramidado é a inserção e respectiva expressão de mais de um evento na mesma planta

Tabela 1 – Eventos ogm de milho no Brasil. Fonte: Alves et al. (2012) adaptado pelo autor.

Evento	Data	Confere	Proteína
T25-Liberty Link	05/2007	Tolerante ao herbicida glufosinato de amônio	fosfinotricina-N-acetiltransferase (PAT)
MON810-Guardian	09/2007	Resistência para Lepidoptera	cry1Ab
Bt 11	09/2007	Resistência para Lepidoptera e tolera herbicidas	Cry1Ab e PAT
NK603 -Round-up Ready	09/2008	Tolerância a herbicidas	(CP4 EPSPS)
GA21	09/2008	Resistência a glifosato	não epecificado no original
TC1507-Herculex	11/2008	Resistência para Lepidoptera e herbicidas	Cry1F
Bt11 x GA21	04/2009	Resistência a insetos e herbicida	não especificado no original
MON 810 x NK603	04/2009	Resistência a Lepidoptera e herbicidas	CP4 EPSPS e CrylAb
MIR 162	09/2009	Resistência para Lepidoptera	Vip3Aa20
MON89034	09/2009	Resistência a Insetos	Cry1A105 e Cry2Ab2
TC 1507 x NK603	10/2009	Tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio e a insetos	Não especificado no original
Bt11xMIR162xGA21	2010	Resistência a Lepidopteros e herbicida	Não especificado no original
MON 89034 x NK 603	2010	Resistente a insetos e herbicidas	Não especificado no original
MON 88017	2010	Resistência a larvas de coleópteros e herbicida	Cry3Bb1 e CP4
MON 89034 x TC1507 x NK603	2010	Resistência a insetos e herbicidas	Não especificado no original
TC1507 x MON810 x NK603	2011	Resistência a insetos e herbicidas	Não especificado no original
MON 89034 x MON 88017	09/2011	Tolerância a coleopteros e herbicidas	(CP4 EPSPS) e Cry3Bb1

2.5 O papel da propriedade intelectual no mercado de sementes de milho

Toda criação que seja produto do intelecto humano envolve conceitualmente a proteção dos direitos do criador. A sementes de milho atualmente plantadas em larga escala não deixam de ser produto do intelecto humano, uma vez que a sua obtenção envolve a soma de diversos conhecimentos em diferentes áreas, assim como uma série de habilidades por parte do indivíduo ou indivíduos envolvidos no desenvolvimento e produção da semente.

Atualmente, os direitos dos obtentores de cultivares vegetais[4] é regido por um conjunto de direitos estabelecidos denominados de direitos do melhorista [5]. No Brasil, para ser passível de proteção, a cultivar deve ser nova, homogênea e estável, possuir denominação própria, ser distinguível e útil, como determinado pela Lei no. 9.456 de 25.04.1997.

A organização responsável pela estruturação mundial dos direitos do melhorista e tópicos correlatos é a União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais. Desta, o Brasil é membro, e o objetivo dela é fornecer e promover um sistema efetivo de proteção de variedades vegetais, além de promover o desenvolvimento de novas cultivares para o benefício da sociedade (AVIANI; HIDALGO, 2011).

No Brasil, de acordo com Aviani e Hidalgo (2011) a primeira previsão de proteção de variedades veio junto ao Código de Propriedade Industrial de 1945, o qual remetia a uma regulamentação posterior, que foi efetivamente conquistada com Lei no. 9.456 de 25.04.1997, a qual criou um ambiente "sui generis", permitindo que os princípios gerais de propriedade intelectual sejam aplicáveis ao setor de cultivares.

Dessa forma, o primeiro passo de um produtor de sementes após o desenvolvimento de produto é o registro deste para proteção dos seus direitos de obtentor. Economicamente, esses direitos permitem que o obtentor usufrua do produto gerado como forma de reaver os investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento.

Esse registro engloba tanto os produtos de milho convencional quanto os organismos geneticamente modificados, embora certas dinâmicas do desenvolvimento de produto relacionado aos OGM´s sejam peculiares.

[4]No caso do milho a obtenção de uma cultivar pressupõe legalmente que o material vegetal obtido obdedeça às normas estabelecidas pelo registro nacional de cultivares disponível em http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares

[5]plant breeders rights

Além do direito à proteção da cultivar obtida, no caso de organismos geneticamente modificados a lei de patentes também tem papel importante por permitir a proteção dos eventos transgênicos que, posteriormente, serão inseridos nos cultivares, É o caso, por exemplo, da patente USS 6713259 - Corn event MON810 and compositions and methods for detection thereof que garante a proteção do evento MON810. [6].

Essa dinâmica legal impõe ao mercado de sementes de milho uma situação própria dos mercados em que a inovação tem papel importante. Este talvez seja um dos fatores explicativos para a concentração de mercado relatada anteriormente, assim como da situação atual do setor nacional de sementes de milho no Brasil.

De maneira geral, o setor nacional, especialmente o público, não acompanhou o ritmo das empresas grandes, as quais possuem um sistema de inovação bem estabelecido, como pode ser verificado na leitura de (GUERRANTE, 2007).

2.6 Perspectivas futuras para o mercado de sementes no Brasil

Como exposto nas seções anteriores o mercado de sementes evolui de forma bastante rápida e dinâmica e esta tendência persistirá no futuro intimamente ligada à dinâmica da propriedade intelectual do setor.

Em relação ao curto prazo, discussões acerca de vencimento de patentes serão importantes no caso de milho. Provavelmente, a discussão será bastante ativa acerca do vencimento da patente USS 6713259 - Corn event MON810 and compositions and methods for detection thereof que trata do evento MON810 YG, baseada na primeira tecnologia trasngênica para lagartas (WORLD INTELECTUAL PROPERTY ORGANIZATION, 2012).

Num horizonte de médio e longo prazo, provavelmente o setor será novamente dinamizado pelo lançamento de sementes transgênicas de segunda e terceira geração Guerrante (2007), que envolverão a produção de plantas transgênicas para a produção de altos teores nuticionais e de produtos como vacinas e hormônios animais a partir das plantas.

As patentes aqui citadas podem ser encontradas através da ferramenta de patentes do site google ou detalhes sobre elas em (WORLD INTELECTUAL PROPERTY ORGANIZATION, 2012)[7].

[6]Disponível em http://www.google.com/patents/US6713259

[7]Todas as patentes aqui mencionadas são encontráves no sistema google patents disponível em

Sinalizam a movimentação dos *players* de mercado nesse sentido, o pedido de depósito nacional PI0209437-1 A2, de propriedade da Monsanto, que envolve a obtenção de plantas com altos teores de triptofano e PI0616848-5 A2 , que envolve a obtenção de plantas transgênicas com maiores teores de lisina. Estes são exemplos da preocupação de manter uma estratégia continuada de inovação por parte das empresas.

A patente US7723570 B2 Edible vaccines expressed in soybeans, que trata do assunto de vacinas expressas em soja de propriedade da SoyMeds Inc, ilustra a preocupação de empresas com sementes de terceira geração.

Além das três gerações de plantas transgênicas propostas por Guerrante (2007), podemos propor uma quarta relacionada a plantas resistentes a condições extremas como uma evolução a longo prazo a ser realizada pelo setor.

O interesse por essa quarta categoria pode ser ilustrado pelo pedido de patente US2006/0183137 - Stress-regulated genes of plants, relacionada ao grupo Syngenta.

https://www.google.com/?tbm=pts

3 REVISÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

3.1 Decisões: teoria, modelos normativos, descritivos e prescritivos

Diversos são os modelos e perspectivas de abordagem para o estudo da decisão. Entretanto, todas essas estes compartilham a definição proposta por White (1970), em que encontramos amplo espectro de generalidade, podendo ser utilizada no contexto de agentes individuais, coletivos e até mesmo artificiais (computadores e sistemas artificiais inteligentes).

De acordo com White (1970), uma tomada de decisão é um processo cognitivo θ, perfeitamente identificável que resolve um estado de ambiguidade Q; em um estado de conhecimento K; tal que $(Q, K) \rightarrow q \in Q$; sendo q é uma possível alternativa dentro do estado de ambiguidade.

Os modelos de estudo da decisão podem ser classificados entre normativos, descritivos e prescritivos. Essa divisão considera a forma com que o processo θ, definido anteriormente, é abordado. As principais características, exemplos e dinâmicas dos modelos de decisão citados acima estão resumidos na Tabela 2, formulada a partir de (BELL; RAIFFA H., 1991).

Características	**Modelos Normativos**	**Modelos Descritivos**	**Modelos Prescritivos**
Abordagem da decisão (θ)	Axiomática	Descrição de como o processo ocorre	Como pode-se decidir bem dadas restrições cognitivas e de outra ordem
Dinâmica Geral	Como as pessoas idealmente deveriam decidir	Como as pessoas efetivamente decidem	Como as pessoas podem agir para decidir melhor
Áreas de Utilização e Exemplos	Microeconomia (paradigma da utilidade esperada) , Seguros de estados contingentes	psicologia cognitiva (heurísticas, biases, etc)	Engenharia, gerenciamento de riscos e incertezas , áreas afins à pesquisa operacional

Tabela 2 – Tipo de abordagem ao processo de decisão. Fonte: Bell e Raiffa H. (1991) adaptado pelo autor

A primeira exposição de uma teoria sobre decisão é atribuída a Daniel Bernoulli Bernoulli (1954), carecendo, entretanto, de derivação axiomática bem definida Azevedo Filho (2006), que só foi alcançada pelas teorias da decisão no século XX Ramsey (1931), Neumann e Morgenstern (1953), Savage (1954), culminando com o paradigma da utilidade esperada.

O paradigma da utilidade esperada é importante dentro da teoria microeconômica, especialmente para descrição do comportamento do consumidor em condições de incerteza, sendo importante como abordagem teórica da aversão ao risco, da questão da diversificação de portfólios e da securitização (NEUMANN; MORGENSTERN, 1953), (SAVAGE, 1954) e (SILBERBERG; SUEN, 2001).

Embora tenha alcançado fundamentação axiomática, a teoria de decisão e o paradigma da utilidade esperada, desenvolvidos no século XX, demonstram-se mais apropriadas a contextos normativos. Pode-se considerar que tais modelos possuem limitações em seu uso na resolução de problemas práticos, tendo limitações como modelo prescritivo e descritivo (AZEVEDO FILHO, 2006).

Para maiores detalhes sobre deficiências dos modelos normativos verifique Machina (1982) e Machina (1987), que discutem paradoxos envolvidos na dinâmica do paradigma da utilidade esperada, dentro do contexto de escolha do consumidor. Um dos paradoxos tratados por Machina (1987) é o paradoxo de *Allais*, que ilustra por meio de um jogo de apostas sugeridas a entrevistados, a não validade do axioma da independência, pedra fundamental da teoria normativa de decisão.

Além do mais, Kahneman e Tversky (1972), Kahneman e Tversky (1974), demonstraram ainda que o paradigma da utilidade esperada Neumann e Morgenstern (1953), não considerava diversos viéses cognitivos que as pessoas apresentavam para tomar decisões. Maiores detalhes sobre o tema podem ser encontrados em Hogarth (1991), Kahneman e Tversky (1972), Kahneman e Tversky (1974),Kahneman, Slovic e Tversky (1992), Plessner, Bletsch e Bletsch (2007) que tecem uma ampla abordagem e revisão dos viéses cognitivos enfrentados pelas pessoas para decidirem em condições de incerteza.

Em face dessas restrições dos modelos normativos propostos pela teoria de decisão, fez-se necessária uma abordagem que permitisse aos indivíduos e organizações construirem decisões dadas suas realidades cognitivas e de outras naturezas. Essa é a motivação para o surgimento da Análise de Decisões como teoria aplicada de decisão, amplamente fundamentada em (HOWARD, 1988).

3.1.1 Análise de decisões: teoria aplicada de decisão

A análise de decisões pode ser interpretada como uma ferramenta que permite a aplicação de resultados das teorias de decisão e elementos de modelos normativos,

prescritivos e descritivos na solução de problemas práticos (HOWARD, 1988).

O objetivo principal da ferramenta é a construção de uma boa decisão dadas as realidades cognitivas e de outra ordem dos tomadores de decisão. Dessa forma, o campo também pode ser chamado de engenharia de decisões.

3.1.1.1 Dinâmica da análise de decisões

De acordo com Howard (1988), Bunn (1984), Howard (1966) e Howard (2004) a implementação da análise de decisões para resolução de problemas práticos envolve responder aos seguintes questionamentos:

- Qual é exatamente o problema de decisão e como deve ser modelado?
- Quais as alternativas envolvidas e como identificá-las?
- Quais variáveis devem ser incluídas na análise?
- Qual o nível de detalhe em que se dará a análise?
- Quanto deve ser investido e qual a natureza da informação utilizada?
- Como incertezas envolvidas podem ser modeladas?
- Como o problema de decisão pode ser claramente informado?
- Como os princípios das teorias de decisão podem ser utilizados para resolução de problemas práticos?

3.1.1.2 Análise de decisões: origem e breve histórico

A origem da análise de decisões remonta à década de 60 e à necessidade de obter uma forma de responder os tópicos descritos anteriormente bem como a outras questões no contexto de problemas práticos. O primeiro artigo sugerindo a terminologia foi publicado em 1966 por R. Howard Howard (1966) citado em (AZEVEDO FILHO, 2006).

Nesse contexto, Azevedo Filho (2006) baseado em Raiffa (2002) relata a evolução da análise de decisões e explicita sua conexão com atividades de consultoria, e o desenvolvimento da área através de seu uso em tomadas de decisão em diferentes atividades como saúde e gerenciamento de catástrofes naturais, dentre outros. Atualmente, a principal fonte de informação sobre a área é o journal Decision Analysis publicado desde de 2004 pela INFORMS [8].

[8] Institute for Operations Research and Managment Science

3.1.1.3 Implementação da análise de decisões: o conceito de base de decisões

Howard (1988) descreve o conceito de base de decisões como ferramenta para responder as questões explicitadas anteriormente.

O conceito consiste em um conjunto de informações BD no qual são explicitadas as alternativas, as consequências e as incertezas ou riscos associados a uma decisão. A base de decisões pode ser implementada através de tabelas, parâmetros gráficos ou, mais formalmente, de diagramas de influência e árvores de decisão. A construção da base de decisões deve ser um processo iterativo, até que se levante informação suficiente para tomada da decisão.

A dinâmica da formulação da base de decisões e os agentes envolvidos no processo estão resumidos na Figura 7. Nesta figura, podemos notar que o processo de análise e da construção da base de decisões começa com uma situação de obscuridade em relação ao problema. A partir de então, os agentes das áreas técnicas relacionadas ao problema, o analista e o tomador de decisão agem de forma integrada, complementando suas experiências com a literatura disponível sobre o problema.

Através desse intercâmbio surge o conhecimento para a formação da base de decisão que explicitará as alternativas, as consequências, as preferências dos envolvidos por cada alternativa e as incertezas relacionadas. O processo deve se repetir iterativamente até que se chegue a uma decisão.

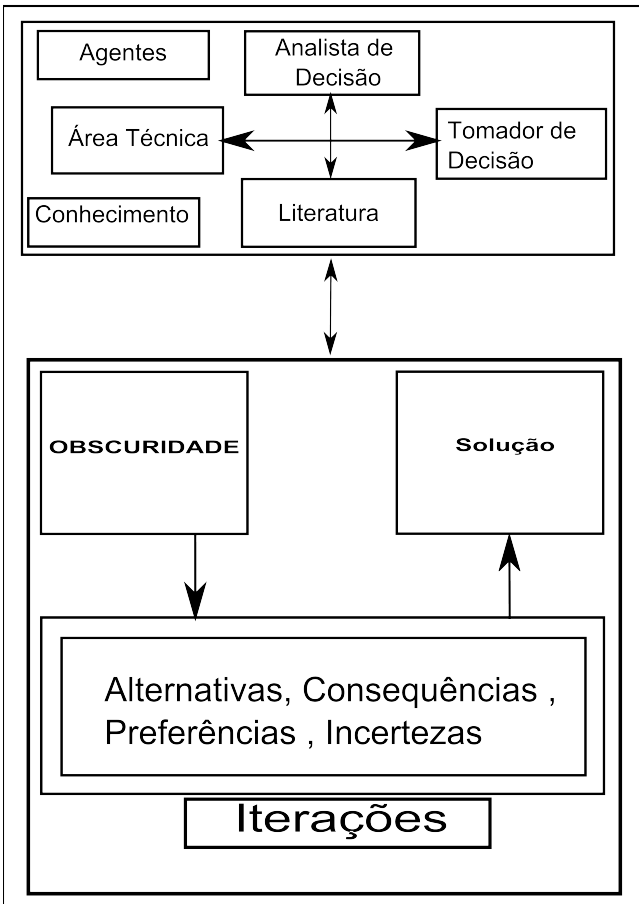

Figura 7 – Dinâmica da construção da base de decisão e da análise de decisões. Fonte: O autor.

3.1.1.4 Implementação da análise de decisões: modelagem

Azevedo Filho (2006) argumenta que o processo de análise de decisões inicia-se com um modelo para o problema proposto. Em geral, esse modelo refletirá a base de decisão inicial em relação ao problema. Dentro desse contexto, a modelagem passa a ter papel central dentro do processo. Em geral, o modelo inicial deve ser consistente com a teoria das probabilidades, com pressupostos da teoria de decisão e deve levar em consideração a sua implementação computacional.

Ainda de acordo com Howard (1988) e Azevedo Filho (2006), a construção do modelo para o problema deve levar em consideração seu refinamento ao longo do processo da construção da base de decisão final.

Diante da necessidade de modelagem adequada, em especial das incertezas e variáveis relacionadas ao problema sobre o qual se quer decidir, diversos mecanismos gráficos foram desenvolvidos. O principal deles será descrito a seguir.

3.1.1.5 Implementação da análise de decisões: diagramas de influência

O conceito de diagrama de influência foi desenvolvido nas décadas de 70 e 80 Azevedo Filho (2006), Howard e Matheson (1984),Schachter (1987) como forma de automatizar o processo de análise de decisões, além de servir como interface amigável ao interessado na decisão. Outro aspecto relevante dos diagramas é a implementação computacional facilitada.

O conceito permite a representação e comunicação de incertezas, acúmulo de conhecimento sobre o problema de decisão e implementação computacional. Azevedo Filho (2006) cita que os diagramas de influência são representações mais compactas de problemas do que as árvores de decisão.

Howard e Matheson (1984),Schachter (1987) argumentam que um diagrama de influências é uma representação gráfica de uma rede acíclica com arcos diretos.

A estrutura de um diagrama de influência e o significado de seus elementos estão representados na Figura 8.

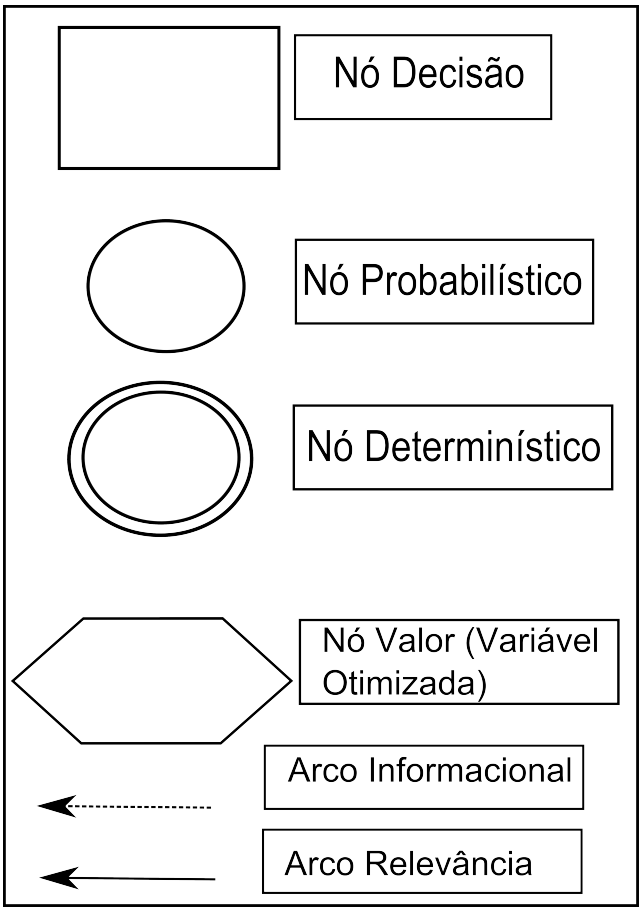

Figura 8 – Estrutura geral de diagramas de influência. Fonte: O autor.

A Figura 9 ilustra um diagrama de influência para o problema proposto no trabalho. Nele é ilustrado o problema de se decidir entre diferentes linhagens alternativas para serem utilizadas na síntese de híbridos. [9]

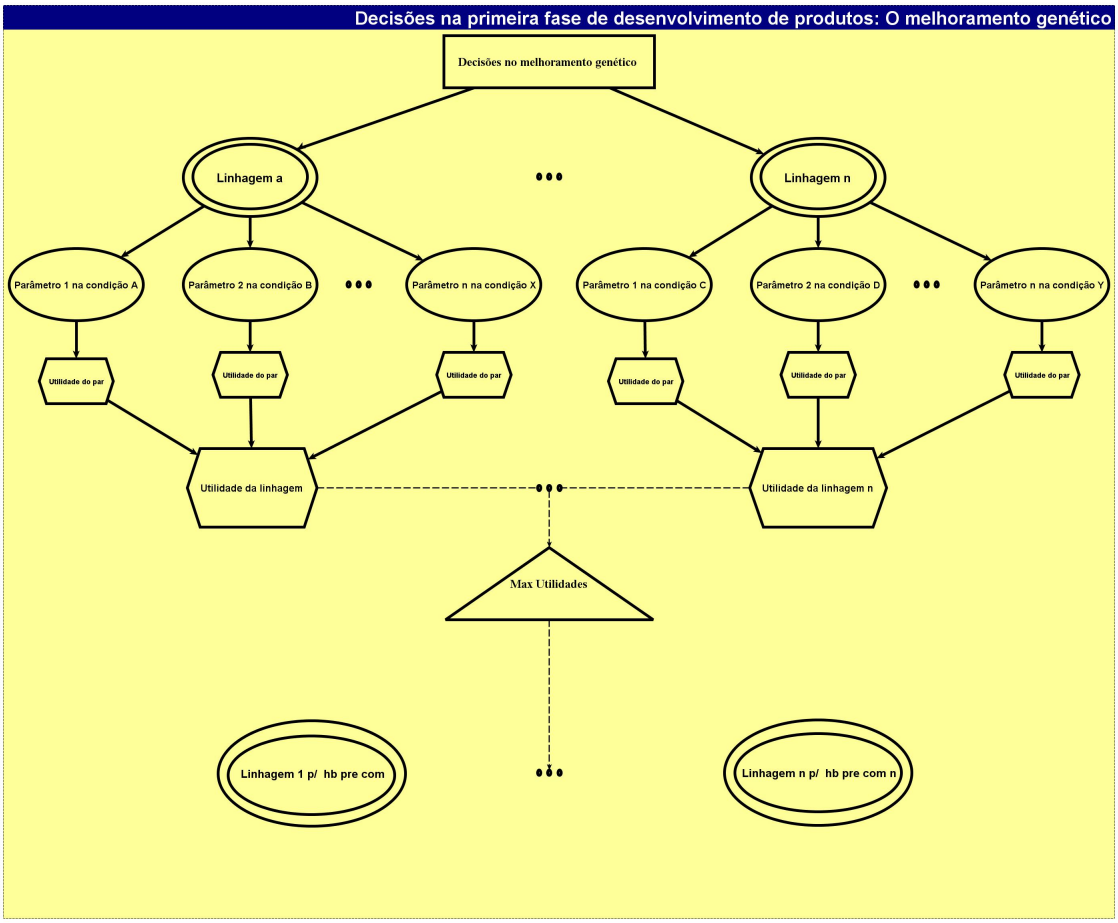

Figura 9 – Diagrama de influência para o problema proposto no trabalho. Fonte: O autor.

3.2 Gerenciamento de incertezas por análise de decisões

Nessa seção será abordada a ferramenta de gerenciamento de incertezas por análise de decisões e discutiremos brevemente a noção de incerteza e sua origem.

3.2.1 Incertezas e probabilidades

O conceito mais popular de incerteza encontrado em dicionários é de estado ou caráter do que é incerto, falta de certeza; dúvida, hesitação, indecisão, imprecisão. Embora generalista, essa noção informal é bastante útil e eficaz quando bem utilizada, porém não permite nem mensurações precisas e tampouco a fundamentação de mecanismos de

[9] Este conceito será visto posteriormente.

gerenciamento baseados exclusivamente nela, carecendo portanto, de complementação por um conceito preciso e definido/quantificado exatamente.

O fenômeno da incerteza tem sua raiz na impossibilidade de determinação exata do valor lógico de uma proposição dentro de um contexto de argumentação indutiva, caso da maior parte das situações em que o ser humano é chamado a fazer inferências e tomar decisões (AZEVEDO FILHO, 2010c). De acordo com Toro, Abrahamson e Schneider (1997), as incertezas podem ser classificadas em incertezas epistêmicas ou aleatórias, sendo que as epistêmicas podem ser reduzidas a partir de informações adicionais sobre fenômenos de interesse, enquanto que as aleatória relacionam-se à imprevisibilidade do fenômeno.

Atualmente, o paradigma mais aceito para modelagem de incertezas é o da teoria das probabilidades, e será o utilizado no presente trabalho devido a uma melhor compreensão das vantagens do conceito e crescente possibilidade de operacionalização computacional (AZEVEDO FILHO, 2006).

A quantificação adequada das incertezas é, de certa forma, um pré-requisito para o seu gerenciamento.

3.2.2 Gerenciamento de incertezas

De acordo com a *International Organization for Standardization* (ISO), a partir de sua instrução ISO31000, o gerenciamento de riscos visa a identificação, quantificação e priorização de riscos, seguidos e coordenados por aplicações econômicas, visando minimizar, monitorar e controlar a probabilidade e/ou o impacto de eventos indesejados, além de maximizar a realização de oportunidades [10].

Embora aplicada ao termo risco, a filosofia e os princípios da ISO31000 podem ser facilmente extentidados ao conceito mais amplo de incerteza.

Na gestão de riscos, o termo risco é definido precisamente e envolve o conceito de incerteza associado a evento geralmente indesejável. No presente trabalho gerenciaremos a falta de certeza em relação à quantidade demandada. Portanto, utilizaremos o termo incerteza. O conceito de risco pode ainda ser diferente em abordagens relacionadas ao mercado financeiro e ao mercado de seguros.

Dessa forma, é possível concebermos o conceito de gerenciamento de incer-

[10] disponível em http://www.iso.org/iso/iso31000

tezas em geral, não necessariamente relacionadas a eventos indesejáveis.

Para operacionalização desse conceito, adaptamos a definição de gerenciamento de riscos proposta em (AZEVEDO FILHO, 2006). Assim, podemos dizer que o **Gerenciamento de Incertezas** é um processo desenvolvido dentro do contexto de quantificação de incertezas por uma ferramenta analítica de decisões, que objetiva determinar um conjunto ótimo de consequências associadas a eventos incertos.

A ferramenta analítica utilizada por essa definição é a proposta em Howard (1988) e detalhada no item referente à análise de decisões como teoria aplicada de decisão.

Assim, segundo Azevedo Filho (2006), é possível gerenciar incertezas numa perspectiva de decisões frente a essas incertezas e suas consequências para as organizações.

3.3 Modelo de otimização: fundamentos, derivação e resolução

Nessa seção descreveremos a derivação e a resolução do modelo de otimização que determinará a quantidade ótima de sementes comerciais a ser produzida.

3.3.1 Custos associados à diferença entre a quantidade produzida e demandada de um produto e sua otimização

3.3.1.1 A Função maior valor entre

Essa seção visa familiarizar o leitor com o comportamento matemático da Função maior valor entre. Essa introdução é importante devido ao papel central que essa função terá no modelo de otimização considerado pelo trabalho. A função, notacionada aqui como $||+$, representa o maior valor entre os valores dentro de um intervalo. Ou seja, dado um intervalo qualquer I a função maior valor associa esse intervalo ao maior valor contido no mesmo.

Exemplificando, seja o intervalo $I(0 : s)$ a função maior valor aplicada a esse intervalo, $|0 : s|+$, associa o intervalo ao maior valor entre $(0 : s)$. A Tabela 3 ilustra o comportamento da função maior valor entre.

Intervalo	Maior Valor
-12:-8	-8
-120:0	0
0:10	10

Tabela 3 – Função maior valor entre. Fonte: O autor.

3.3.1.2 Custo associado ao excesso de oferta

Discutiremos aqui em termos de custo, e sob a ótica da firma, a dinâmica da região em que ocorre excesso de oferta representada na Figura 10, trata-se de um detalhamento do modelo econômico para custos relacionados ao excesso de oferta ou de demanda apresentado em (YE; GLYNN; WANG, 2010). Nessa região, ocorre que a quantidade ofertada de determinado produto supera a quantidade demandada pelo mesmo ($s > d$). Isto se deve a diversos fatores conjunturais ou estruturais do mercado e/ou da determinação da demanda/oferta (SILBERBERG; SUEN, 2001). No caso deste trabalho, essas quantidades seriam dadas em sacas de sementes de milho.

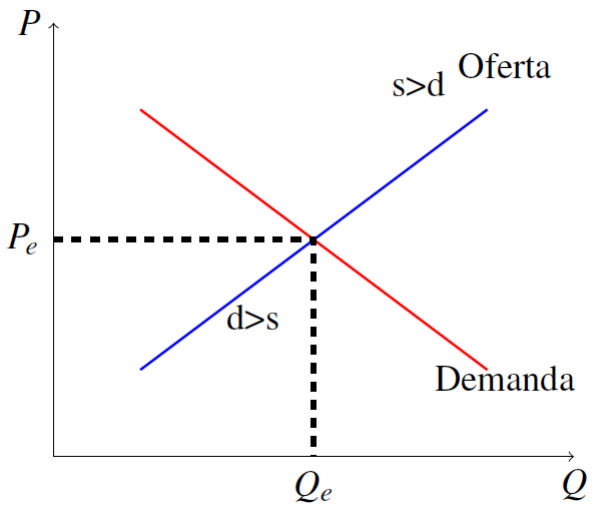

Figura 10 – Contexto geral de mercado. Fonte: O autor.

Supondo uma firma cuja dinâmica de produção não permita a realização de estoques (seja pelos elevados custos de manuntenção dos mesmos, seja por outros fatores), e cuja a quantidade excedida não seja advinda de estoque, o principal custo financeiro decorrente do excesso de oferta seria o de produzir a quantidade não vendida.

Em termos matemáticos teríamos que:

$$ceof = |0 : (s - d)|^{+} * cpuni \tag{1}$$

Na qual,

- **ceof** = custo relativo ao excesso de oferta do ponto de vista da firma
- **s** = quantidade ofertada do bem
- **d** = quantidade demandada do bem

- **cpuni** = custo de produção por unidade

A interpretação adequada da equação 1, depende da compreensão da função maior valor realizada anteriormente.

3.3.1.3 Custo associado ao excesso de demanda

Por outro lado, na região da Figura 10 em que ocorre excesso de demanda($d > s$), o custo financeiro do ponto de vista da firma pode ser interpretado como o lucro que poderia efetivamente ser obtido com a venda da quantidade não disponível do produto. Esta quantidade é dada pela diferença entre a quantidade efetivamente demandada do produto e a ofertada, detalhado aqui a partir de (YE; GLYNN; WANG, 2010). Formalmente teríamos:

$$ced = |0 : (d - s)|^{+} * luni \tag{2}$$

Na qual,

- **ced** = custo relativo ao excesso de demanda
- **s** = quantidade ofertada do bem
- **d** = quantidade demandada do bem
- **luni** = lucro unitário

Vale ressaltar que a Equação 2 cobre apenas o custo financeiro de não atender a demanda. Entretanto, ao deixar de atender a demanda, a firma pode acabar perdendo parcela de mercado para um concorrente que tenha a possibilidade de atendê-la. Embora esse fato seja de extrema importância, não será abordado em detalhes no presente trabalho.

3.3.1.4 Custo total associado à diferença entre as quantidades ofertadas e demandadas

De forma geral, podemos dizer que o custo total associado à diferença entre as quantidades ofertadas e demandadas de um produto pode ser composto pela soma do custo devido ao excesso de oferta e do custo devido ao excesso de demanda. O modelo é proposto em (YE; GLYNN; WANG, 2010). Matematicamente,

$$ctotal = ceof + ced \tag{3}$$

Mas, das Equações 1e 2 temos:

$$ctotal = |0 : (s - d)|^{+} * cpuni + |0 : (d - s)|^{+} * luni \tag{4}$$

Que compõe o modelo econômico geral do presente trabalho, e que servirá como base para o modelo de otimização. A Equação 4 pode ser interpretada com auxílio da Figura 10 da seguinte maneira. Quando ocorre excesso de demanda , necessariamente não ocorre excesso da quantidade ofertada do bem, e vice versa, de forma que em determinado momento haverá apenas um dos termos à direita da equação, ou nenhum deles. O momento em que não ocorre nenhum deles é justamente no ponto de equilíbrio de mercado, no qual as quantidade ofertadas e demandadas do produto são idênticas.

3.3.1.5 Derivação da função objetivo do modelo de otimização

No modelo de otimização focaremos a minimização da esperança do custo associado ao excesso de oferta ou demanda, ou seja, do seu valor esperado. O principal argumento será o de que uma firma não conseguirá minimizar o custo o tempo todo, entretanto, será possível minimizar a média dos custos (BUNN, 1984).

3.3.1.6 Derivação do modelo de otimização

$$Ctotal = |0 : (s - D)|^{+} * cpuni + |0 : (D - s)|^{+} * luni \tag{5}$$

Na qual,

- **Ctotal:** variável aleatória que representa o custo total associado aos excessos de demanda e de oferta
- **s:** quantidade ofertada de um bem
- **D:** é variável aleatória quantidade demandada de um bem
- **cpuni:** custo por unidade produzida (constante)
- **cluni:** lucro efetivo por unidade vendida (constante)

Da Equação 5, temos (dadas as propriedades da esperança matemática):

1. $E[Ctotal] = E[|0 : (s - D)|^{+} * cpuni + |0 : (D - s)|^{+} * luni]$, aplicando operador esperança

2. $E[Ctotal] = cpuni * E[|0 : (s - D)|^+] + luni * E[|0 : (D - s)|^+]$,
3. $E[Ctotal] = cpuni * |E[0 : (s - D)]|^+ + luni * |E[0 : (D - s)]|^+$ Desigualdade de Jensen associado ao fato de que $|E[X]|_+$ minimiza a desigualdade
4. $E[Ctotal] = cpuni * |[0 : (s) - E[D])]|^+ + luni * |[0 : E[D] - (s)]|^+$,

Da derivação anterior resulta a expressão da função objetivo do modelo de otimização:

$$E[Ctotal] = cpuni * |[0 : (s) - E[D]]|^+ + luni * |[0 : E[D] - (s)]|^+$$

onde,

- **E[Ctotal]:** Esperança do custo total associado ao excesso de oferta ou de demanda
- **s:** é variável aleatória (constante) quantidade ofertada de um bem
- **E[D]:** é a esperança da variável aleatória quantidade demandada de um bem
- **cpuni:** custo por unidade produzida (constante)
- **cluni:** lucro efetivo por unidade vendida (constante)

Note-se que a função objetivo do modelo de otimização será função da esperança da quantidade demandada futura obtida por simulação, como será descrito na metodologia.

Diante do fato explicitado no parágrafo anterior, é necessário que o mecanismo de modelagem das demandas permita que se estime a esperança da quantidade demandada. Este é o principal argumento a favor da modelagem das demandas por simulação computacional.

3.4 Modelagem de demandas por simulação computacional

Em relação à modelagem de demandas, Cimino, Longo e Mirabelli (2010) argumentam que com o advento e a disponibilidade de softwares e de metodologias, uma série de problemas de demanda em diversos setores (que variam desde logístico até de sistemas complexos) podem ser abordados por simulação computacional.

Por sua vez, Muñoz (2003) cita a problemática de se modelar demandas apenas utilizando dados históricos, ou seja, apenas a partir de informação advinda após a efetivação da demanda. O mesmo autor cita ainda que é possível que o número de dados disponíveis após a efetivação da demanda pode ser pequeno e insuficiente para tomada

de decisões. Dessa forma, Muñoz (2003) propõe a utilização de metodologias que evitem tais problemas.

Ademais, Tounsi, Boissiere e Habchi (2009) argumenta, dentro do contexto de *supply chain* que a modelagem adequada da demanda determina competitividade ao gerenciamento da produção. Os mesmos autores propõem um sistema de simulação que permita um modelo conceitual para gerenciamento da produção e logística.

Através da modelagem de demandas por simulação, é possível a extração de informações importantes acerca da demanda, mesmo em condições em que dados sejam faltantes, mas que certos parâmetros mínimos acerca da demanda sejam conhecidos.

Por sua vez, Cullen (1999) utilizou-se de simulação para projeção de demanda por energia elétrica, através de simulação monte carlo. O mesmo autor relata ainda que o uso de simulação monte carlo na modelagem das demandas também permite a incorporação de riscos associados na análise.

Ainda através do uso de simulação monte carlo Zackhary et al. (2009), modelaram a demanda por leitos de hotel permitindo melhorias no sistema gerencial.

No presente trabalho, utilizaremos simulação monte carlo para obter informações necessárias sobre a projeção da demanda por um cultivar de interesse. Tal procedimento será enriquecido pelo possibilidade do uso de informações de diversas naturezas advindas de agentes de mercado, como será descrito na metodologia.

Detalhes téoricos sobre a técnica de simulação monte carlo em si excedem o escopo do trabalho, e podem ser encontradas em referências sobre simulação de variáveis aleatórias. Para uma apresentação sugerimos a leitura de Azevedo Filho (2010a), que trata da geração de números pseudo-aleatórios uniformes, da simulação de variáveis aleatórias e funções destas, além de simulação monte carlo por cadeias de Markov.

3.5 Elementos básicos de melhoramento de plantas alógamas

Nessa seção descrevemos o referencial mínimo para o melhoramento de plantas alógamas. O intuito é basicamente dar um pequeno referencial teórico para a compreensão da etapa de desenvolvimento de produtos na cadeia de sementes de milho e da dinâmica de produção de sementes, que serão a primeira parte dos resultados do trabalho.

Em relação ao melhoramento genético, Hallauer, Carena e Miranda Filho (2010) e Allard (1999) relatam que de maneira geral, em relação ao ciclo reprodutivo,

as plantas podem ser classificadas em autógamas ou alógamas, sendo que as primeiras reproduzem-se preferencialmente por autofecundação e as segundas por fecundação cruzada. O milho é uma planta alógama e, portanto, sua reprodução é preferencialmente cruzada. Allard (1999) ainda cita que o tipo de sistema reprodutivo determina em geral a técnica de melhoramento a ser utilizada.

Ainda Hallauer, Carena e Miranda Filho (2010) e Allard (1999) determinam também que o melhoramento genético de plantas alógamas como o milho envolve diversas técnicas, sendo que o produto final destas são linhagens endogâmicas, resultantes de autofecudação artificial dirigida pelo melhorista, as quais poderão ser cruzadas entre si, através de fecundação cruzada para originar híbridos.

Dessa forma, no melhoramento de alógamas, é necessário que se conduza a autofecundação que não é o sistema naturalmente realizado pelos indivíduos dessa classe.

A autofecundação artificialmente induzida gerará iindivíduos puros para parâmetros de interesse e, posteriormente, estes serão cruzados entre si, através de fecundação cruzada para produção de híbridos.

3.5.1 Melhoramento de alógamas: tipos de híbridos

A partir das linhagens endogâmicas podem ser produzidos basicamente três classes de híbridos: híbridos simples, híbridos triplos e híbridos duplos.

Os híbridos simples são os cultivares resultantes de cruzamento de duas linhagens endogâmicas. Os triplos, do cruzamento de um híbrido simples com uma linhagem. Por sua vez, os híbridos duplos são resultado do cruzamento de dois híbridos simples.

Essas classes e suas constituições estão resumidas na Tabela 4 que se utiliza de quatro linhagens L_1,L_2,L_3 e L_4 hipotéticas para fixar esses conceitos.

Na Tabela 4, $L_1 \times L_2$ representa um híbrido simples obtido pelo cruzamento das linhagens L_1 e L_2, por exemplo.

Tabela 4 – Origem de híbridos x linhagens. Fonte: Allard (1999) adpatado pelo autor.

Híbrido	Obtenção	Exemplo
Simples	Cruzamento de duas linhagens	$(L_1 \times L_2)$
Triplo	Cruzamento de um híbrido simples com uma linhagem	$(L_1 \times L_2) \times L_3$
Duplo	Cruzamento de dois híbridos simples	$(L_1 \times L_2) \times (L_3 \times L_4)$

4 METODOLOGIA

O presente capítulo descreve a metodologia utilizada. Para tal, este estágio do texto foi dividido em duas partes.

Na parte A é descrito o método para a obtenção da primeira seção dos resultados: fluxogramas do processo de produção de sementes de milho e mapeamento por diagramas de influência das decisões relacionadas. A principal razão para o desenho desse mapa, é a contextualização da decisão acerca da quantidade de sementes a ser produzida dentro de todas as decisões tomadas no processo de produção, além de contextualizar a necessidade de uma projeção da demanda futura para subsidiar a resposta desta questão.

Por sua vez, a parte B descreve a metodologia para a segunda parte dos resultados, ou seja, para a determinação da quantidade ótima a ser produzida e que minimiza o custo associado ao excesso de oferta e demanda. Descreve-se também o método para a determinação das probabilidades de diferentes faixas de lucro com um cultivar na região considerada.

4.1 Metodologia para resultados parte A

4.1.1 Fluxograma de produção de sementes

O fluxograma de produção de sementes foi construído através de visitas técnicas à empresa CriageneSK. Em tais visitas foram acompanhadas as diferentes etapas do processo, tanto relacionadas à pesquisa e desenvolvimento de produtos quanto à produção de sementes de milho, as quais permitiram a produção do fluxograma para as referidas etapas.

Além destas visitas, também foram utilizadas entrevistas pessoais, realizadas com agentes do mercado de sementes no Congresso Nacional de Milho e Sorgo de 2012, e a experiência pessoal do autor.

A partir dessas fontes identificou-se:

- **Etapas do processo de produção:** Cobrem tanto a pesquisa básica e o desenvolvimento de novos produtos, quanto a obtenção dos produtos finais.
- **Elementos centrais de cada etapa do processo:** Após serem levantados os elementos centrais de cada etapa do processo, estes foram classificados e utilizados na confecção dos diagramas de influência.

- **Elementos comuns às etapas do processo:** Para determinação das transições entre as etapas, foram levantados os pontos comuns entre estas.

Após o levantamento dos itens anteriores, produziu-se o fluxograma simplificado que cobre tanto a pesquisa e o desenvolvimento de produtos quanto a produção de sementes. Esse fluxograma é considerado simplificado, uma vez que não obedece rigidamente os parâmetros estabelecidos pelas ISO 5807 e ISO 10628. Tais normas determinam as regras para produção de fluxogramas.

Essa simplificação foi necessária, para evitar-se a sobreposição de símbolos propostos pela referidas ISO´s e os diagramas de influências esquematizados, os quais são um dos objetivos centrais do trabalho.

4.1.2 Mapeamento das decisões na pesquisa e desenvolvimento e na produção de sementes

Da mesma forma, as informações obtidas para a confecção dos fluxogramas anteriores foram utilizadas para o mapeamento das decisões relativas ao processo. Tal mapa foi desenhado através do uso de diagramas de influência, descritos no referencial teórico. Basicamente, as informações levantadas foram classificadas nos itens presentes nestes diagramas: decisões, incertezas, valores a serem otimizados e respectivas faixas de variação etc.

Em virtude do grande número de parâmetros evidenciados em cada decisão, utilizou-se uma representação mais compacta dos diagramas de influência, como verificado na Figura 11. Nessa figura, os parâmetros são generalizados de 1 até n, assim como suas características. No diagrama, representado na Figura 11, o conjunto de três pontos entre parâmetros serve para indicar que os mesmos variam em número de 1 até n.

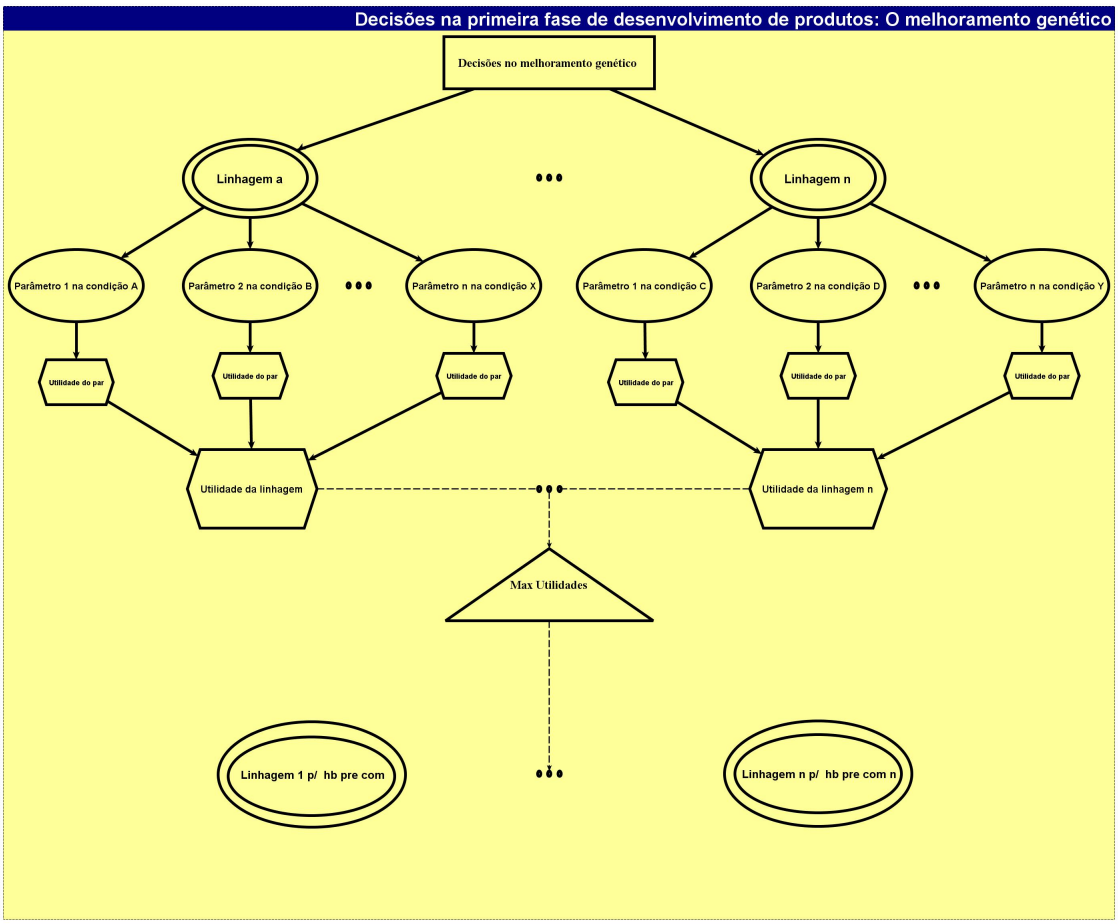

Figura 11 – Exemplo de diagrama de influências. Fonte: O autor.

A cada diagrama foi adicionado um triângulo, o qual evidencia a maximização das utilidades dos parâmetros envolvidos na decisão.

Para esclarecimentos aprofundados dos parâmetros das decisões, representados nos diagramas de influência, foram produzidas tabelas descritoras das caracerísticas e faixas de variação de cada parâmetro e de cada elemento do diagrama de influência.

Essa pespectiva é próxima da adotada por *softwares* utilizados para análise de decisões, tais como a plataforma Netica e o *software* Analytica. Nestes *softwares*, são descritos os diagramas de influências para visualização gráfica dos problemas, sendo a entrada de dados realizada em ambiente a parte aos diagramas.

Assim, para a compreensão do mapa de decisões desenhado deve-se, primeiramente, localizar o diagrama de influências referido dentro do fluxograma do processo. Após isso, o diagrama deve ser explorado em seus elementos, ou seja, devem ser verificados quais os parâmetros envolvidos. Por sua vez, para aprofundamento da complexidade da decisão mapeada, deve-se recorrer à tabela em que são descritos todos os parâmetros em

alto grau de especificidade.

O detalhamento dos elementos, especialmente das utilidades conferidas por cada parâmetro dentro da decisão, foi obtido através da análise de Embrapa (2012) e de entrevistas com melhoristas de plantas durante o Congresso Nacional de Milho e Sorgo de 2012.

No caso do diagrama exemplo, ilustrado na Figura 11, a decisão no melhoramento genético inicia-se com as diferentes alternativas de linhagens, para as quais são determinados os parâmetros e utilidades. Após as maximizações de utilidade de cada parâmetro das linhagens e , por conseguinte, a maximização da utilidade conferida pela própria linhagem, determinam-se as linhagens que serão utilizadas no próximo estágio do processo.

4.2 Metodologia para resultados Parte B

Nesta seção, descreve-se o método para a projeção de demanda futura pelo cultivar considerado. O enfoque é através de simulação computacional.

Os valores simulados para a projeção, assim como para outras variáveis descritas, produzirão as informações necessárias para alimentação do modelo de otimização do custo associado ao excesso de oferta ou demanda, desenvolvido no referencial teórico. Deu-se prioridade à simulação por dois motivos principais: falta de acesso a todos os dados necessários para resolução do problema sem simulação, além da possibilidade de uso de parâmetros da percepção subjetiva dos agentes envolvidos no problema (discutida oportunamente nesta seção).

Cabe ressaltar que em trabalhos futuros a mesma metodologia poderá levar a resultados ligeiramente diferentes. Essas diferenças ocorrem em função do valor técnico das *seeds* (valores iniciais) utilizados nas simulações, assim como, se forem utilizados parâmetros diferentes na alimentação das simulações e reamostragens. O número de valores simulados em todos os procedimentos foi 500.

4.2.1 Otimização do custo associado ao excesso de oferta e demanda através de uso de projeção da demanda

4.2.1.1 Uso de informação advinda da percepção subjetiva dos agentes na modelagem

Na metodologia descrita, utilizaremos, frequentemente, informação advinda da percepção do produtor de sementes tanto sobre o problema de obter projeções de demanda futura, quanto de variáveis relacionadas.

Tal prática é comum em problemas que envolvam decisões, além de permitir a utilização de informações subjetivas na resolução dos problemas, aumentando, dessa maneira, o nível de informação disponível.

Essa abordagem é justificada e proposta em Pearl (1985), que trata do uso de informação advinda de percepção subjetiva na modelagem de problemas que envolvam incertezas. Ademais, Josang (1997), cita os fundamentos lógicos para uso de informação subjetiva em modelagem. Por sua vez, Neil, Fenton e Tailor (2005) utilizam modelagem que pressupõe uso de informações subjetivas na resolução de problemas relacionados às perdas operacionais esperadas e não esperadas, dentro do contexto da análise de riscos.

As percepções subjetivas foram obtidas por entrevista junto à equipe da CriageneSK Pesquisa e Desenvolvimento, acerca de híbridos de alto desempenho. Tais informações não são, necessariamente, para produtos desta empresa, entretanto, dada a experiência da equipe entrevistada, elas fornecem um bom parâmetro de percepção acerca de mercado e produto. Informações advindas de entrevistas junto a revendedores no Congresso Nacional de Milho e Sorgo também foram utilizadas.

4.2.1.2 Dados

Para as simulações utilizaram-se dados objetivos, levantados junto a institutos ou através de pesquisa. Além destes, utilizou-se também informação advinda da percepção subjetiva, como descrito anteriormente.

Os dados objetivos utilizados foram:

- **Área plantada de milho no Brasil em uma safra:** considerou-se o ano de 2010, em dados do IBGE, último valor consolidado no momento da obtenção dos resultados do trabalho. O valor de área plantada referente é de 12.967.620 hectares.

- **Dados de preço de um cultivar de milho:** foram obtidos através de ligações a revendas de sementes e encontram-se na Tabela 5. Tais dados foram utilizados para simulação por reamostragem.

Tabela 5 – Preços obtidos em levantamento por telefone. Fonte: Revendas.

Fonte	Valor(R$)
1	446
2	450
3	445
4	434
5	457
6	450
7	445
8	450
9	455
10	453

Os dados relativos às percepções subjetivas utilizadas são apresentados nas seções em que forem mencionados.

4.2.1.3 Simulação da área plantada mapeada atualmente na região considerada

A percepção subjetiva dos agentes acerca da área a ser atendida com o cultivar de interesse (híbrido simples de alto desempenho) é entre 18% e 22% da área nacional plantada com milho. A partir daqui denominaremos essa faixa de valores como região considerada pelo trabalho. Note-se que essa identificação não é geográfica, mas sim quantitativa. Essa foi a perspectiva proposta pelos entrevistados e por isso utilizada.

Idealmente, para estes agentes, uma boa forma de obtenção de informação sobre a área plantada na última safra na região considerada seria através de mapeamento. Entretanto, como tais informações ainda não são amplamente difundidas, utilizou-se como referência para área mapeada a percepção dos agentes entrevistados.

O valor de área nacional com milho proposta para ser utilizada nas simulações foi de 13.000.000 ha, próximo da área plantada de milho no Brasil. A informação considerada para o Brasil, segundo dados do IBGE de 2010, é de 12.967.620 hectares. Talvez este último dado tenha sido um influenciador do valor de 13.000.000 ha sugerido pelos entrevistados.

Cabe notar que o produtor quer apenas determinar a quantidade a ser

produzida para atender essa região plantada com o cultivar, independetemente de como as sementes serão distribuídas até lá. Em outras palavras, o produtor não se preocupa se a semente será vendida na região, ou se produtores a comprarão em outra região e depois a plantarão na região de interesse.

Assim, foram simulados 500 valores de uma distribuição uniforme entre 2.485.098 ha e 3.037.342 ha (faixa correspondente a 18%-22% da área nacional de milho), sendo estes os cenários de área plantada na safra atual considerada na decisões.

A simulação de uma distribuição uniforme garante que todos os valores simulados de área plantada sejam igualmente prováveis, não favorecendo cenários bons nem ruins de área plantada. Tal raciocínio assemelha-se ao proposto pelo princípio da indiferença de La Place, descrito em Stigler (1986) e comentado em Azevedo Filho (2010b). Esse raciocínio é utilizado em todas as demais simulações.[11].

4.2.1.4 Simulação das variações de área plantada entre safras consideradas

Seguindo a exposição do método, os agentes entrevistados consideram possíveis variações nos números de área plantada com o cultivar. Estas variações consideram a safra atual e a safra sobre a qual deseje-se uma projeção para a demanda. Dessa forma, foram simuladas variações entre -10.000 ha e 10.000 ha , de uma distribuição uniforme, ou seja, foram considerados cenários de retração e expansão da área plantada com milho na região.

A variação de área pode ser compreendida através Equação 6.

$$\Delta_{área} = \acute{A}_n - \acute{A}rea_{n-1} \tag{6}$$

Na Equação 6, nota-se que a variação de área pode ser obtida a partir da diferença entre as áreas plantadas em dois anos subsequentes. Variações negativas correspondem a reduções na área plantada entre o ano atual e o da demanda projetada.

4.2.1.5 Simulação da área futura plantada com o cultivar de interesse

A área futura plantada com milho na região foi obtida através dos valores simulados de área atual plantada e das variações da área atual, conforme descrito na Equação 7. Dessa forma, foram obtidos 500 cenários de área futura plantada.

[11]Em estatítica baesyana este princípio norteia o uso de *prioris* não informativas

$$Área_{fut} = Área_{atual} + Var \tag{7}$$

4.2.1.6 Simulação dos *market shares* futuros

Para determinação da área plantada futura com o cultivar de interesse, um parâmetro fundamental é o *market share* do produto na região. Assim, foram simulados 500 valores de *market share* para o produto em questão, uniformemente distribuídos entre 10% e 12.5%, valores sugeridos em entrevistas com revendedores no Congresso Nacional de Milho e Sorgo de 2012 (considerando cultivar híbrido simples de alto desempenho).

4.2.1.7 Simulação da área plantada futura com o cultivar de interesse

A área plantada futura com o cultivar de interesse foi obtida através da Equação 8, na qual *ms* representa o *market share* do produto, simulado com base no item anterior.

$$A_{fcultivar} = Área_{futplantada} \times ms \tag{8}$$

4.2.1.8 Simulação das quantidades demandadas

As quantidades demandadas em sacas pelo cultivar de interesse foram obtidas através da Equação 9.

$$D_f = Área_{fcultivar} \times ct \times ms \tag{9}$$

Nesta equação, D_f representa as demandas futuras projetadas para o produto em sacas; $Área_{futcultivar}$, as áreas futuras plantadas com o cultivar; ct, o coeficiente técnico do número de sacas demandadas para plantio de um hectare (no caso do milho 1 saca/ha).

A partir dessas quantidades demandadas simuladas, pode ser obtido o parâmetro técnico utilizado no modelo econômico, ou seja, a esperança da projeção de demanda futura.

4.2.2 Otimização do modelo econômico

Nessa seção, descreveremos em linhas gerais o método utilizado para otimização da esperança do custo associado ao excesso de demanda e de oferta, representado pela expressão[12]:

$$E[Ctotal] = cpuni * |[0 : (s) - E[D])]|^{+} + luni * |[0 : E[D] - (s)]|^{+}$$

Na expressão, o valor de $E[D]$ é conhecido por simulação e estimado como descrito no item anterior.

A otimização da esperança do custo associado ao excesso de oferta ou de demanda é um problema de otimização irrestrita no contexto do trabalho. Deste modo, a solução do problema de otimização é basicamente analítica. Para torná-lo restrito, do ponto de vista da otimização matemática, seriam necessárias informações relativas à produção que não foram fornecidas pelos agentes entrevistados.

Ao observar a expressão:

$$E[Ctotal] = cpuni * |[0 : (s) - E[D])]|^{+} + luni * |[0 : E[D] - (s)]|^{+}$$

podemos notar, que dado o fato de os custos poderem assumir apenas valores maiores ou iguais a zero (reais positivos), o menor valor que pode ser assumido pela esperança do custo total é zero. Dessa forma, otimizar o modelo significa minimizar a esperança do custo total associado ao excesso de demanda ou oferta. Em outras palavras, determina-se s em sacas de forma que $E[Ctotal] = 0$.

Manipulando a expressão para $E[Ctotal] = 0$ encontramos que:

$$s* = E[Demanda]$$

em que, $s*$ representa a quantidade ótima a ser produzida que minimiza $E[Ctotal]$. Note-se que a solução ótima passa a ser independente de *cpuni* e *luni*.

Assim, ao se obter a esperança da distribuição da quantidade projetada para

[12]Para maiores detalhes verifique o referencial teórico

a demanda, obtida por simulação, automaticamente determina-se a quantidade ótima a ser produzida para abastecer a região considerada.

4.2.3 Obtenção das diferentes faixas de lucro com o cultivar de interesse

Como foram simulados vários parâmetros de interesse é possível obter diferentes faixas de lucro com o cultivar de interesse na região. Descreveremos neste tópico a metodologia para esse procedimento.

Vale ressaltar que nessa seção são considerados os custos referente à produção do cultivar e não o custo associado ao excesso de oferta e demanda (abordado anteriormente). Esses custos aparentam ter uma relação entre si e com a maximização do lucro, entretanto esse não é o escopo do trabalho.

Basicamente, consideraremos valores de quantidade demandada projetada, preços para um cultivar de híbrido simples de alto desempenho, além da simulação de custos de produção do cultivar.

4.2.3.1 Simulação dos preços

Para simulação de preços, utilizados na determinação das faixas de lucro, foram obtidos inicialmente 10 valores de preço para um híbrido simples de milho de alto desempenho, descritos na Tabela 5, no ínicio desta seção B.

A partir de tais valores, foi realizada reamostragem de 30 valores a partir dos quais ajustou-se uma distribuição de probabilidade. A qualidade do ajuste foi verificada pelo teste de Anderson-Darling.

Da distribuição ajustada aos dados simularam-se 500 cenários de preço praticado pelo produto. Como o preço era determinável através de levantamento telefônico, deu-se preferência a esse ajuste primeiramente para que a simulação respeitasse a verdadeira distribuição do preço para o produto.

4.2.3.2 Simulação dos custos

Os custos de produção foram determinados como função do preço de venda, forma típica de cálculo prático em alguns setores. Após levantarem-se o custos relativos a tributos e operações, fixos e variáveis, as empresas determinam as faixas do preço de venda a que tais custos correspondem. Este fato foi informado pelos agentes entrevistados.

Para determinação do custo de produção foram simulados 500 valores de taxas de custo em relação ao preço de venda variando de 40% a 50% do preço considerado. Tais taxas foram informadas nas entrevistas.

A partir das taxas simuladas, foram obtidos 500 cenários de custo através da Equação 10, na qual P_v é o preço de venda do produto; tx_c, a taxa relativa ao percentual que o custo representa do preço de venda.

$$Custo = P_v \times tx_c \tag{10}$$

4.2.3.3 Simulação dos lucros

Dos valores simulados de custos e preços de venda é possível obter cenários do lucro praticado com o cultivar de interesse na região, como descrito na Equação 11, em que P_v representa o preço de venda e Q_v a quantidade vendida. Esta quantidade vendida é considerada igual à demanda projetada simulada, se considerar-se que a demanda será atendida.

$$Lucro = P_v \times Q_v - Custo \tag{11}$$

4.2.3.4 Cálculo da probabilidade de diferentes faixas de lucro

No cálculo das probabilidade para as diferentes faixas de lucro foi utilizado o seguinte modelo estatístico baseado em experimentos Bernoulli descritos em (MOOD, 1974).

Primeiramente, é determinado um valor para a variável lucro, denominado L_{mag}, que em termos práticos é uma medida da magnitude do lucro. Após isso, define-se a seguinte variável aleatória Z_l que assume valor 1 se $Z_l < L_{mag}$ e valor 0, em caso contrário.

Em seguida, a probabilidade $Z_l < L_{mag}$ pode ser obtida através de resultados associados à média da distribuição Z_l e descritos em (MOOD, 1974). Após obtidas as probabilidades de cada faixa de lucro é cálculado o parâmetro intervalo de confiança, descrito em Mood (1974), que determina a faixa de variação permitida para tal probabilidade.

4.2.4 Qualidade do ajuste de distribuições a dados

Como foi ajustada uma distribuição para o preço do cultivar de interesse, descrevemos a metodologia utilizada para essa finalidade.

4.2.4.1 Dinâmica geral dos testes de ajuste

Em geral, D'Agostino e Stephens (1986) afirmam que os testes de ajuste se baseiam em testes de hipóteses, eventualmente compostos, mas que podem ser generalizados como:

$$\mathbb{H}_0 \equiv F_0$$

Ou seja, os dados provêm de uma distribuição F_0 contra a hipótese alternativa,

$$\mathbb{H}_{\mathbb{A}} \neq F_0$$

Em outras palavras, os dados não provêm de uma distribuição F_0.

O teste de hipótese é realizado com base no comportamento de determinadas estatísticas, além do uso de valores críticos (D'AGOSTINO; STEPHENS, 1986).

Se os valores calculados forem superiores aos valores críticos, rejeita-se $\mathbb{H}_0$ ao nível de significância especificado.

4.2.4.2 Teste de Anderson-Darling

O teste Anderson-Darling utiliza-se da estatística de Anderson-Darling:

$$T_n = n * AD(F_n, F_0)$$

Esta estatística se baseia na disparidade de Anderson-Darling para realização do teste de hipóteses. Maiores detalhes sobre a estatística e suas propriedades podem ser encontradas em (KARIAN; DUDEWICZ, 2011).

4.2.4.3 Implementação computacional

A fixação da distribuição, assim como a determinação dos valores de testes de qualidade de ajuste da distribuição aos dados, foram realizadas utilizando o *software* R, disponível em www.r-project.org. Todos os testes e métodos utilizados estão disponíveis no pacote *fitdistrplus*, o qual possui muitas funções relacionadas à essa finalidade.

O *package* permite ainda a escolha do método de ajuste (KARIAN; DUDEWICZ, 2011). As opções para a função fitdist são: método da máxima verossimilhança, método dos momentos , método por quantis e o método por maximização da bondade de ajuste considerando um dentre os três métodos: Smirnov-Kolmogorov, Anderson-Darling ou Cramèr-von Mise. Detalhes sobre todos esses métodos podem ser encontrados em (KARIAN; DUDEWICZ, 2011).

Da mesma maneira, as simulações foram realizadas pelas funções básicas disponíveis na instalação do R. Detalhes sobre tais funções podem ser obtidos no próprio *help* do *software*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção de resultados possui duas partes principais. Na parte A, são apresentados o fluxograma simplificado da produção de sementes e o mapa de decisões através de diagramas de influência, o qual descreve as decisões tanto no desenvolvimento de produto quanto na produção de sementes. Esse mapeamento serve para contextualizar, dentro das decisões inerentes ao processo, o problema discutido na segunda parte dos resultados.

Na parte B, aborda-se o problema da determinação da quantidade a ser produzida, que minimiza o custo associado ao excesso de oferta e demanda, desenvolvido no referencial teórico. Tal quantidade ótima foi obtida por previsão através de simulação computacional da quantidade demandada.

Devido ao grande número de informações obtidas pela simulação computacional, foi possível obter também as probabilidades de diferentes faixas de lucro possíveis na comercialização do cultivar na região. Para a obtenção dos valores possíveis de lucro, foram utilizados os custos de produção estimados através da metodologia descrita.

5.1 Resultados parte A: fluxograma da produção e decisões na produção de sementes de milho

5.1.1 Fluxograma da produção de sementes de milho

As Figuras 12 e 13 representam, respectivamente, fluxogramas simplificados para a fase de desenvolvimento de produtos e para a fase de produção de sementes de milho.

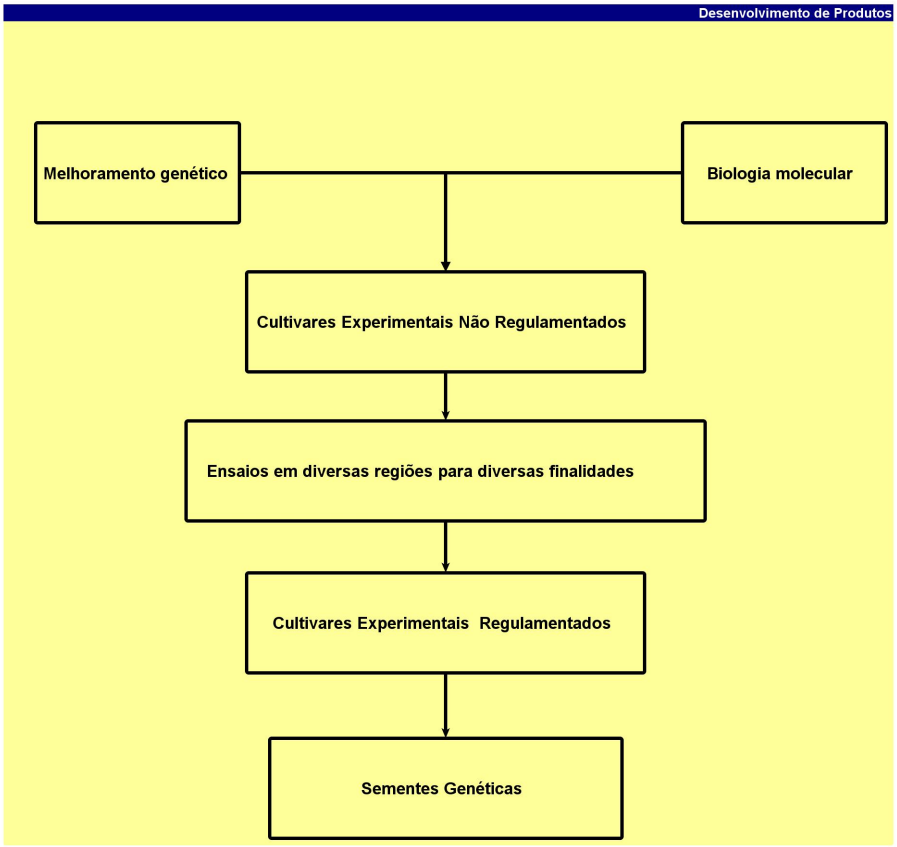

Figura 12 – Fluxograma simplificado para desenvolvimento de produtos. Fonte: Consultas e visitas técnicas adaptadas pelo autor.

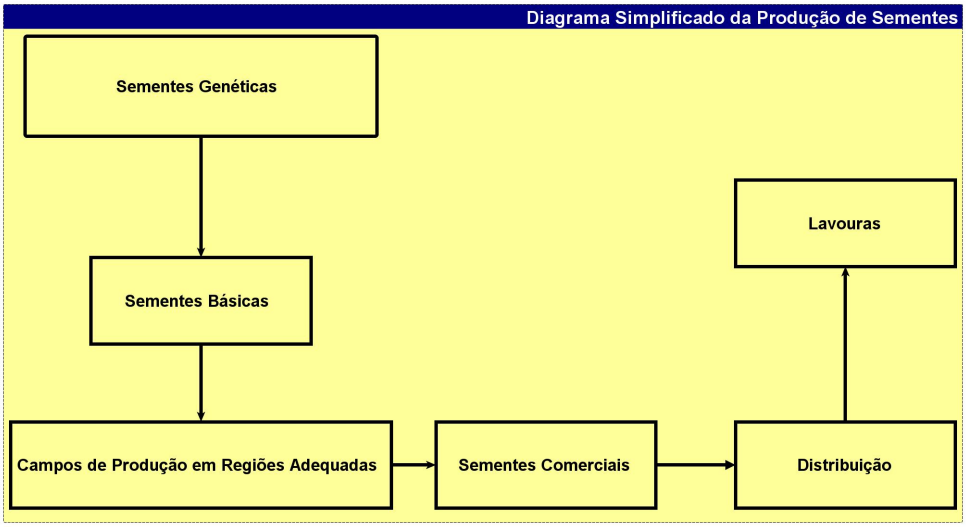

Figura 13 – Fluxograma simplificado para produção de sementes. Fonte: Consultas e visitas técnicas adaptadas pelo autor.

A Figura 12 representa um fluxograma simplificado do processo de desenvolvimento de produtos no setor de sementes de milho. Através dela, nota-se que o processo se inicia com o melhoramento genético das populações disponíveis no banco de

germoplasma do produtor de sementes.

Esse banco de germoplasma, em geral, pode ser próprio, licenciado de outras empresas, ou um misto dessas alternativas. Ele constitui a base material para o portfólio de produtos de um produtor de sementes.

Aliado à essa etapa de melhoramento genético, empresas que possuam condições também realizam pesquisa em biologia molecular, a qual objetiva a obtenção de eventos transgênicos passíveis de uso em banco de germoplasma. Caso a possibilidade de pesquisa em biologia molecular não exista, o produtor pode optar pela produção de cultivares denominadas de convencionais, ou por acordos de licenciamento de eventos junto a empresas detentoras dos mesmos.

Do melhoramento genético e da pesquisa em biologia molecular, o processo segue para a obtenção de cultivares experimentais, ainda sem registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Após a sua obtenção, tais cultivares experimentais terão seu comportamento previamente avaliado em ensaios realisados em diversas regiões, com delineamentos estatísticos apropriados.

Embora as cultivares ainda não estejam registradas, os experimentos são realizados conforme condições de biossegurança exigidas por lei e são informados ao Ministério da Agricultura, através de Protocolos de informe de ensaio para valor de cultivo e uso (VCU).

Maiores detalhes sobre a legislação que rege setor pode ser encontrada no capítulo acerca dos marcos legais para o setor de sementes de milho.

Após a obtenção de informações acerca do comportamento em diversas regiões, uma porção desses materiais experimentais não registrados, que tenham desempenho e caracerterísticas adequadas, é submetido ao Registro Nacional de Cultivares.

Após o registro dos produtos e regulamentação adequada, procede-se a produção das sementes denominadas de genéticas. As sementes genéticas do cultivar representam um volume de sementes de linhagens endogâmicas sintetizadas com seis a oito ciclos de autofecundação [13].

Essas sementes de linhagens são transferidas ao setor de produção de sementes pelo departamento de pesquisa e melhoramento. A produção de sementes genéticas é a etapa que integra o processo de desenvolvimento de produto ao processo de produção

[13]Esse processo é relativo ao melhoramento genético e permite a obtenção de indivíduos puros para parâmetros de interesse

de sementes.

Nas etapas até aqui também são utilizadas informações técnico agronômicas, genéticas e também de outras naturezas, fornecidas pelos departamentos de marketing e outros departamentos das companhias de produção de sementes.

Dentro da continuidade do processo, o departamento de produção de sementes recebe as sementes genéticas sintetizadas pelo departamento de pesquisa e melhoramento. Além das sementes é entregue, em geral, um manual com todas as informações necessárias sobre o cultivar e que são do interesse do departamento de produção.

Posteriormente, as sementes genéticas das linhagens de interesse têm sua quantidade multiplicada, através do plantio de lotes isolados. Após esse processo de multiplicação, é obtida uma quantidade maior de sementes de cada linhagem e, dessa forma, as sementes passam a ser denominadas de sementes básicas.

Por sua vez, as sementes básicas são levadas aos locais adequados para a síntese dos materiais comerciais. Nesses campos, as sementes básicas de linhagens são plantadas e, posteriomente, é realizada a síntese de híbridos dessas linhagens, dando origem às sementes comerciais do cultivar de interesse.

Após a obtenção das sementes comerciais do cultivar, ocorre a distribuição destas até revendas e, em tese elas estão disponíveis para compra e uso nas lavouras de milho.

5.1.2 Decisões no desenvolvimento de produtos

A partir das informações levantadas na produção dos fluxogramas anteriores, podemos proceder ao mapeamento das decisões relativas ao processo. Nessa dinâmica, como descrito na metodologia referente ao mapeamento de decisões, localizaremos a decisão dentro do processo de desenvolvimento de produto e produção. Assim, cabe determinar o diagrama de influência possível para a decisão e detalhar os parâmetros dos diagramas em tabelas descritoras.

5.1.2.1 Decisões no desenvolvimento de produtos: o melhoramento genético

Descrevemos as decisões na fase de melhoramento genético, representada no fluxograma da Figura 12, as quais consideram como alternativas os diferentes tipos de materiais presentes no banco de germoplasma disponível à empresa.

Esse número de alternativas é, em tese, infinitamente grande, se considerarmos o processo do melhoramento e suas infinitas possibilidades. Para resolver este problema, consideraremos como alternativas, nas decisões referentes ao melhoramento genético, as linhagens endogâmicas resultantes do processo de melhoramento, que guardam em si o resultado daquelas infinitas possibilidades.

Assim, a decisão nessa etapa do processo é resolver a ambiguidade entre as alternativas de linhagens, com seus respectivos parâmetros de interesse. O comportamento de cada parâmetro das linhagens é relativamente incerto e representa as incertezas envolvidas em cada alternativa considerada, cada parâmetro também associa-se a utilidades proporcionadas por eles, formando um complexo como o representado na Figura 14.

No processo de tomada de decisão, o melhorista busca a maximização das utilidades fornecidas por cada linhagem que, por sua vez, é função das diversas utilidades condicionadas por cada parâmetro de cada linhagem. Após a maximização de tais utilidades, são determinadas as linhagens que serão utilizadas na síntese de cultivares experimentais não registrados, os quais, posteriormente, serão ensaiados em várias regiões.

Embora, este fato de maximização da utilidade dos parâmetros envolvidos, e representados na Tabela 6, seja o que efetivamente ocorre no processo de melhoramento, ele não é realizado de forma explícita por parte dos melhoristas. Em outras palavras, não é aparentemente utilizado um modelo objetivo, bem definido, que agregue as informações genéticas a outras informações econômicas. Dessa forma, não é realizado o acesso objetivo das utilidades de cada parâmetro das linhagens, sendo a maximização de tais utilidades realizada com base apenas no uso de modelos genéticos, associados a heurísticas adotadas pelos melhoristas. Estes modelos e heurísticas são resultantes, em geral da experiência dos melhoristas, o que ficou evidente em entrevistas pessoais e conversas durante o Congresso de Milho e Sorgo realizado em 2012.

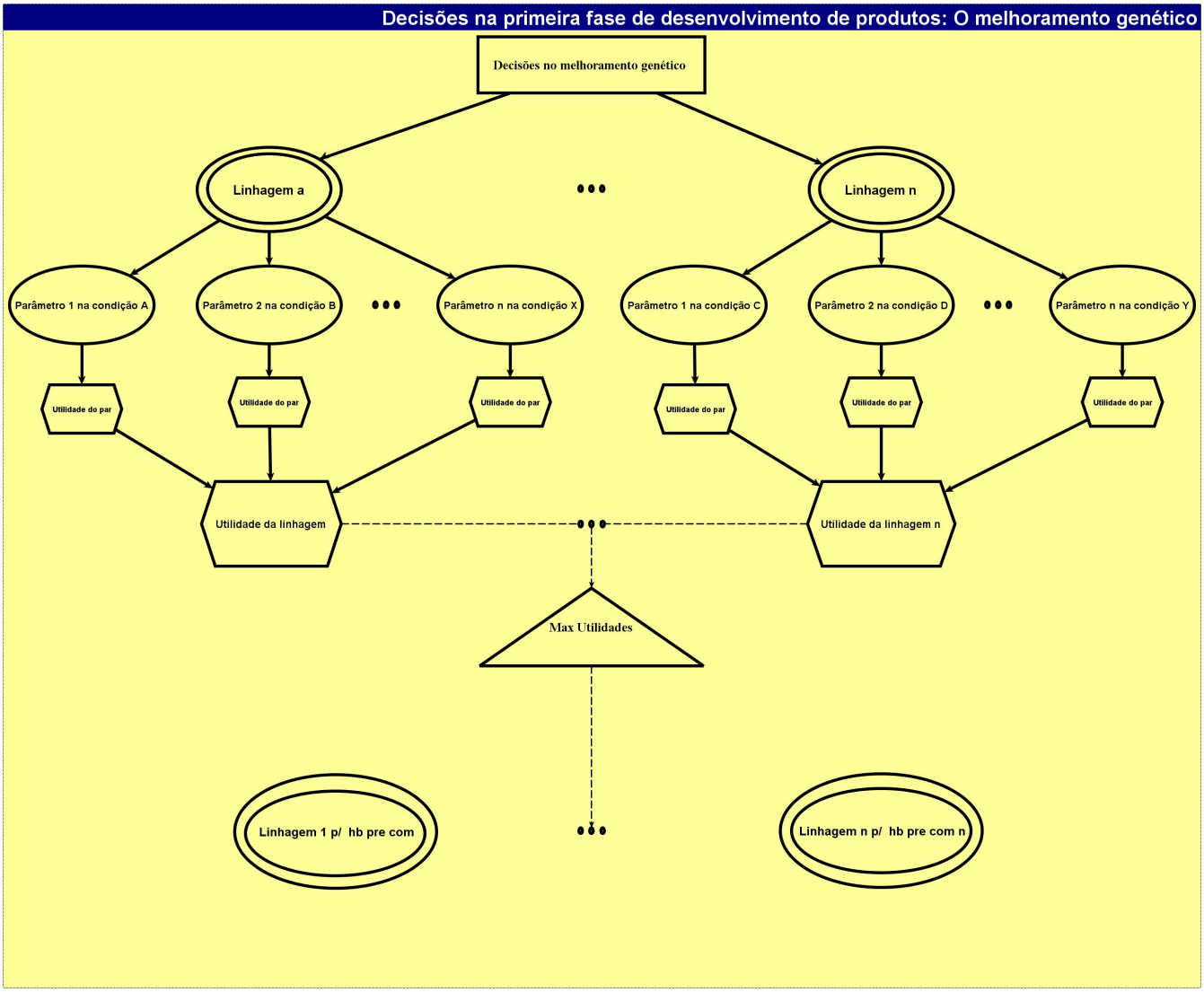

Figura 14 – Decisões no desenvolvimento de produto: o melhoramento. Fonte: O autor.

Por sua vez, os parâmetros cujo comportamento é uma incerteza, considerados para cada alternativa nas decisões relacionadas ao melhoramento genético, estão representados na Tabela 6, adaptada pelo autor a partir dos dados presentes em Embrapa (2012), além de de outras informações obtidas por experiência pessoal.

Na Tabela 6, podemos notar que os parâmetros avaliados para cada linhagem são peso de grãos (t/ha), florescimento (dias ou graus dias), altura de plantas, altura de inserção das espigas, índices de acamamento e quebramento, número de espigas e número de espigas podres.

Tabela 6 – Parâmetros nas decisões de melhoramento. Fonte: O autor

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Peso de grãos linhagem	Massa de grãos obtida (t/ha)	[0:3-4 t/ha]	$U(0) < U(1) < ... < U(n)$
Florescimento	Dias ou Graus Dias	52 dias a 54 dias (super-precoces) 56 dias a 57 dias (precoces) e 58 dias a 60 dias (normais)	U=f(precocidade x sincronismo)
Altura de plantas	cm	em torno de 220	U=f(facilidade de colheita x tendência a quebra e acamar)
Altura de espigas	cm	em torno de 70	U=f(facilidade de colheita x tendência a quebra e acamar)
Acamamento	% de plantas acamadas	[0:100] em tese	$U(0) > U(1) > ... > U(n)$
Quebramento	% de plantas acamadas	[0:100] em tese	$U(0) > U(1) > ... > U(n)$
Número de Espigas	[0,1,2] por planta (valores mais comuns)		$U(1) > U(2) > U(0)$
Número de Espigas Podres	[0,1,2] por planta		$U(0) > U(1) > U(2)$
Resistência, doenças, pragas e condições adversas	escala específica		$U(10) > ... > U(1) > U(0)$

Cada um dos parâmetros apresenta uma evolução de utilidade aparente. Para o peso de grãos, quanto maior for o valor, aparentemente, maior será a utilidade proporcionada e, portanto, maior a preferência por materiais mais produtivos. No caso das linhagens, o potencial produtivo é bem menor do que nos híbridos sintetizados a partir delas, entretanto, o potencial de produção das linhagens é diretamente correlacionado ao potencial produtivo dos híbridos resultantes. Assim, linhagens mais produtivas, tenderão a resultar em híbridos também mais produtivos.

Por sua vez, o florescimento das linhagens esta correlacionado à precocidade dos híbridos resultantes e, além disso, o sincronismo entre florescimento masculino e feminino determinam a facilidade no processo de síntese de híbridos. A utilidade em relação ao

florescimento será um misto entre a precocidade requerida pelo melhorista, que é função de informações diversas, entre elas do departamento de marketing, e do sincronismo nos florescimentos masculinos e femininos das linhagens.

A altura das plantas, além da altura da inserção das espigas, também é parâmetros de importância. Medidos em centímetros, influenciam parâmetros tais como a facilidade na colheita e o índice de quebramento/acamamento de plantas. A evolução da utilidade para tais parâmetros é apresentada na Tabela 6.

Além dos parâmetros anteriores, o número de plantas que quebram ou acamam, assim como o número de espigas por plantas e número de espigas podres, além da resistência às pragas, doenças e fatores adversos, completam o conjunto de parâmetros geralmente considerados na decisão.

5.1.2.2 Decisões no desenvolvimento de produtos: a biologia molecular

Outra decisão importante no desenvolvimento de produtos, dentro da cadeia de sementes de milho, é a obtenção de eventos transgênicos, os quais sejam passíves de transferência às linhagens resultantes do melhoramento genético.

Nessa etapa, podemos ter três situações. Primeiramente, agentes que possuam condições de investir em biologia molecular, produzirão tais eventos, tendo poder de decisão sobre quais utilizar em seu portfólio de produtos. Um segundo grupo de agentes econômicos, que desejem ter os eventos em seu portfólio de produtos não tenham condições de realizar pesquisa em biologia molecular, deverão recorrer a acordos de licenciamento dos eventos junto a seus detentores. Por sua vez, um terceiro grupo que não deseje, ou que não consiga licenciamento, tera como única alternativa a produção de cultivares convencionais.

A dinâmica da interação envolvida nos acordos de licenciamento ainda não é totalmente conhecida, sendo a maior parte dos acordos sigilosos.

Devido às dificuldades anteriores, focaremos no mapeamento de decisões de agentes que possam obter eventos e licenciar esses eventos a outras empresas (caso das maiores empresas do setor em termos de *market share*).

O diagrama de influências para as decisões em biologia molecular é o descrito na Figura 15. Nele as alternativas são representadas pelos eventos transgênicos produto da pesquisa em biologia molecular, cujos parâmetros de interesse apresentam

comportamento relativamente incerto. Cada parâmetro tem uma utilidade associada e a combinação dessas utilidades determina a utilidade pela alternativa. Após a maximização das utilidades envolvidas determinam-se as alternativas de eventos passíveis de transferências às linhagens e, portanto, de uso praticável nos híbridos dessas linhagens.

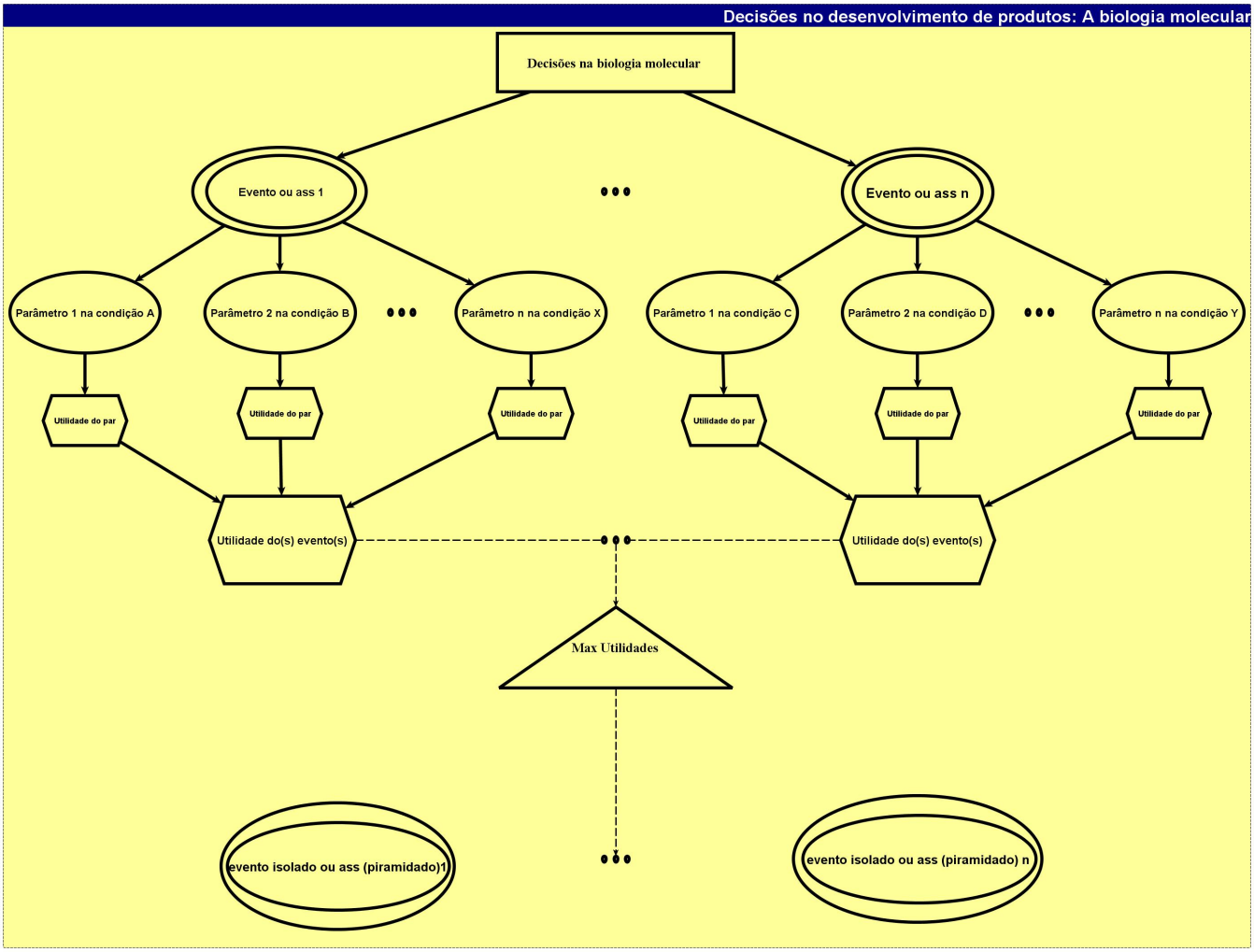

Figura 15 – Decisões no desenvolvimento de produto: a biologia molecular. Fonte: O autor.

Os parâmetros incertos relacionados a cada evento, assim como características e evolução das respectivas utilidades estão representados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros nas decisões de biologia molecular. Fonte: O autor.

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Expressão	Expressão da proteína de interesse	baixa a alta	$U(baixa) < ... < U(alta)$
Proteção intelectual	Eventos são patenteáveis e produtos destes são registráveis?	facilmente a dificilmente	$U(dificilmente) < ... < U(facilmente)$
Impactos Ambientais	Evento potencialmente agressivo ao ambiente e sociedade	pouco agressivo até muito agressivo.	$U(muitoagressivo) < ... < U(poucoagressivo)$
Possibilidade de associação com outros eventos	Evento pode ser associado a outros enventos	facilemente a dificilmente	$U(dificilmente) < ... < U(facilmente)$

De forma geral, as utilidades são maiores por eventos cuja a expressão seja alta suficiente para gerar o efeito controle desejado, não possuam efeitos negativos ou agressivos ao ambiente e à sociedade, além da possibilidade de piramidamento com outros eventos.

5.1.2.3 Decisões no desenvolvimento de produtos: materiais não registrados a serem ensaiados em diversas localidades

Após as decisões em melhoramento genético e biologia molecular, são determinadas as linhagens endogâmicas que produzirão alguns híbridos (cultivares), os quais ainda não terão registros no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Tais materiais devem ser ensaiados[14] em várias localidades para que seu comportamento seja avaliado.

Nessa etapa, são consideradas como alternativas os diversos cultivares ainda não registrados. Cada uma dessas alternativas possui parâmetros cujo comportamento é incerto antes da realização dos experimentos e estão descritos na Tabela 8. A constituição do diagrama de influências para esta etapa é apresentado na Figura 16. A maior parte dos parâmetros já foi discutida anteriormente, sendo novas apenas as faixas de variação. Entretanto, merece destaque o fator establidade entre ambientes descrito na Tabela 16. A utilidade por este parâmetro é importante para a compreensão das decisões nessa etapa do processo. Em geral, cultivares experimentais cuja produtividade seja estável ao longo

[14]Tratam-se de experimentos com delineamento estatístico julgado como adequado

de ambientes terão maior utilidade. Maiores detalhes sobre esta estabilidade podem ser encontrados em (SARTI; HONGYU; DIAS, 2012).

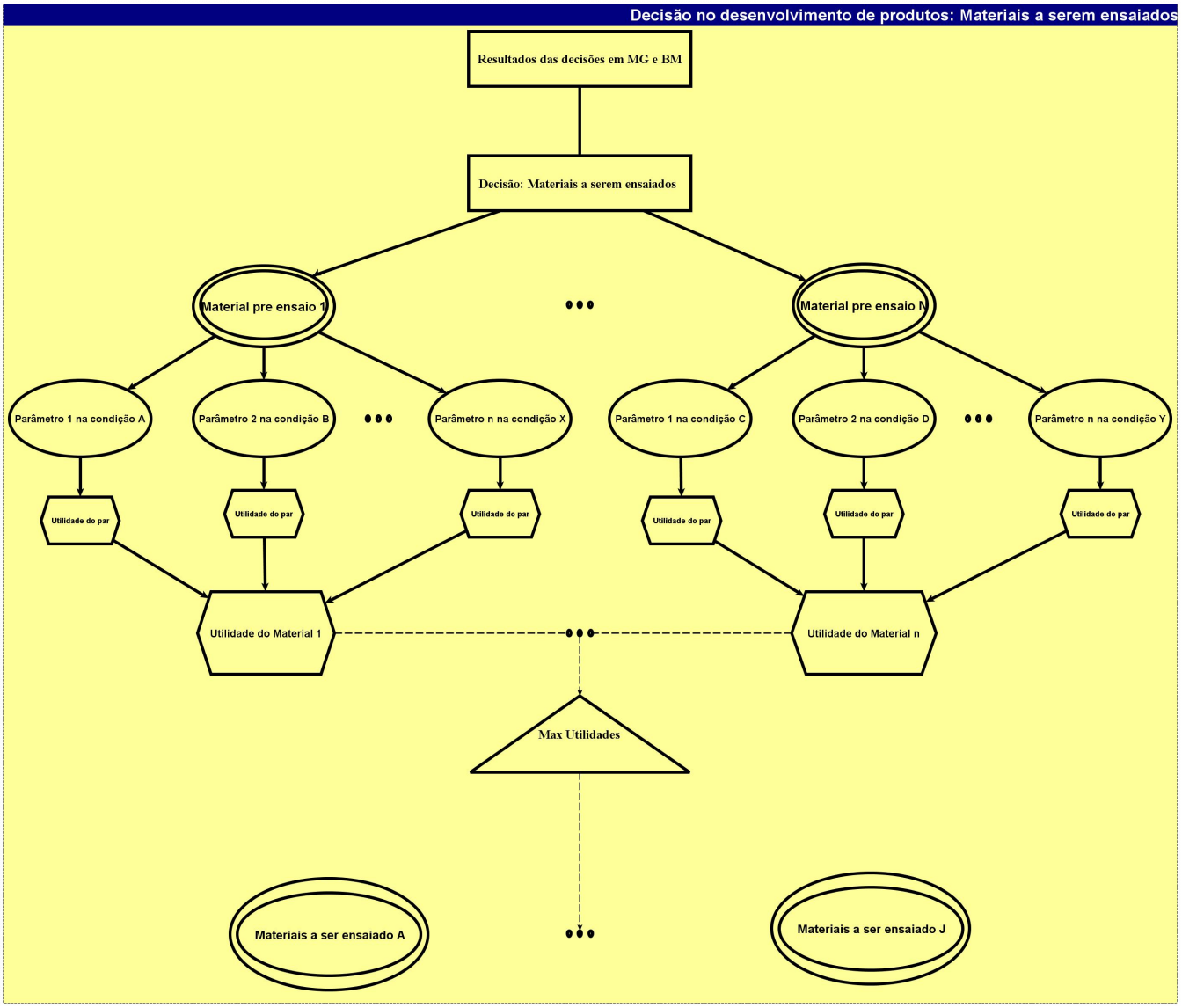

Figura 16 – Decisões no desenvolvimento de produto: materiais a serem ensaiados em várias localidades. Fonte: O autor.

Tabela 8 – Parâmetros na decisão de quais materiais serão ensaios em várias localidades. Fonte: O autor.

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Peso de grãos	Massa de grãos obtida (t/ha)	[0:12-16 t/ha]	$U(0) < U(1) < ... < U(n)$
Florescimento	Dias ou Graus Dias	52 dias a 54 dias (super-precoces) 56 dias a 57 dias (precoces) e 58 dias a 60 dias (normais)	U=f(precocidade x sincronismo)
Altura de plantas	cm	[0 : 250]	U=f(facilidade de colheita x tendência a quebra e acamar)
Altura de espigas	cm	[0 : 130]	U=f(facilidade de colheita x tendência a quebra e acamar)
Acamamento	% de plantas acamadas	[0:100] em tese	$U(0) > U(1) > ... > U(n)$
Quebramento	% de plantas acamadas	[0:100] em tese	$U(0) > U(1) > ... > U(n)$
Número de Espigas	[0,1,2] por planta (valores mais comuns)		$U(1) > U(2) > U(0)$
Número de Espigas Podres	[0,1,2] por planta		$U(0) > U(1) > U(2)$
Resistência, doenças , pragas e condições adversas	escala específica		$U(10) > ... > U(1) > U(0)$
Estabilidade do material em diversas localidades	Comportamento da produtividade e da variação da produtividade em diversos locais	Baixa estabilidade até alta estabilidade	$U(alta) > ... > U(baixa)$
Localidades a serem utizadas	Em quais locais serão instalados os experimentos	Regiões com clima adequado e de potencial de mercado para o cultivar	$U(adequados) > ... > U(menosadequados)$

De forma geral, a utilidade é maior nesse processo por cultivares com alta produtividade, alta resistência a fatores adversos e grande estabilidade ao longo de ambientes.

5.1.2.4 Decisões no desenvolvimento de produtos: materiais a serem regulamentados

Após a verificação do desempenho dos materiais em diversas localidades, a próxima decisão estratégica a ser tomada por uma companhia de sementes é a de quais materias serão registrados no RNC. A dinâmica geral dessa decisão é presente no diagrama de influências da Figura 17, cujos parâmetros incertos são descritos na Tabela 9.

Das informações presentes na Figura 17 e na Tabela 9 podemos verificar que nessa decisão, além das questões técnicas, novos parâmetros ligados ao mercado e à economia da produção passam a ter papel importante. Esses itens, na realidade estão envolvidos em todos os processo discutidos anteriormente, mas foram mais destacados nessa etapa devido ao fator de serem cruciais para a permanência ou não do cultivar a ser regulamentado no portfólio de produtos da empresa.

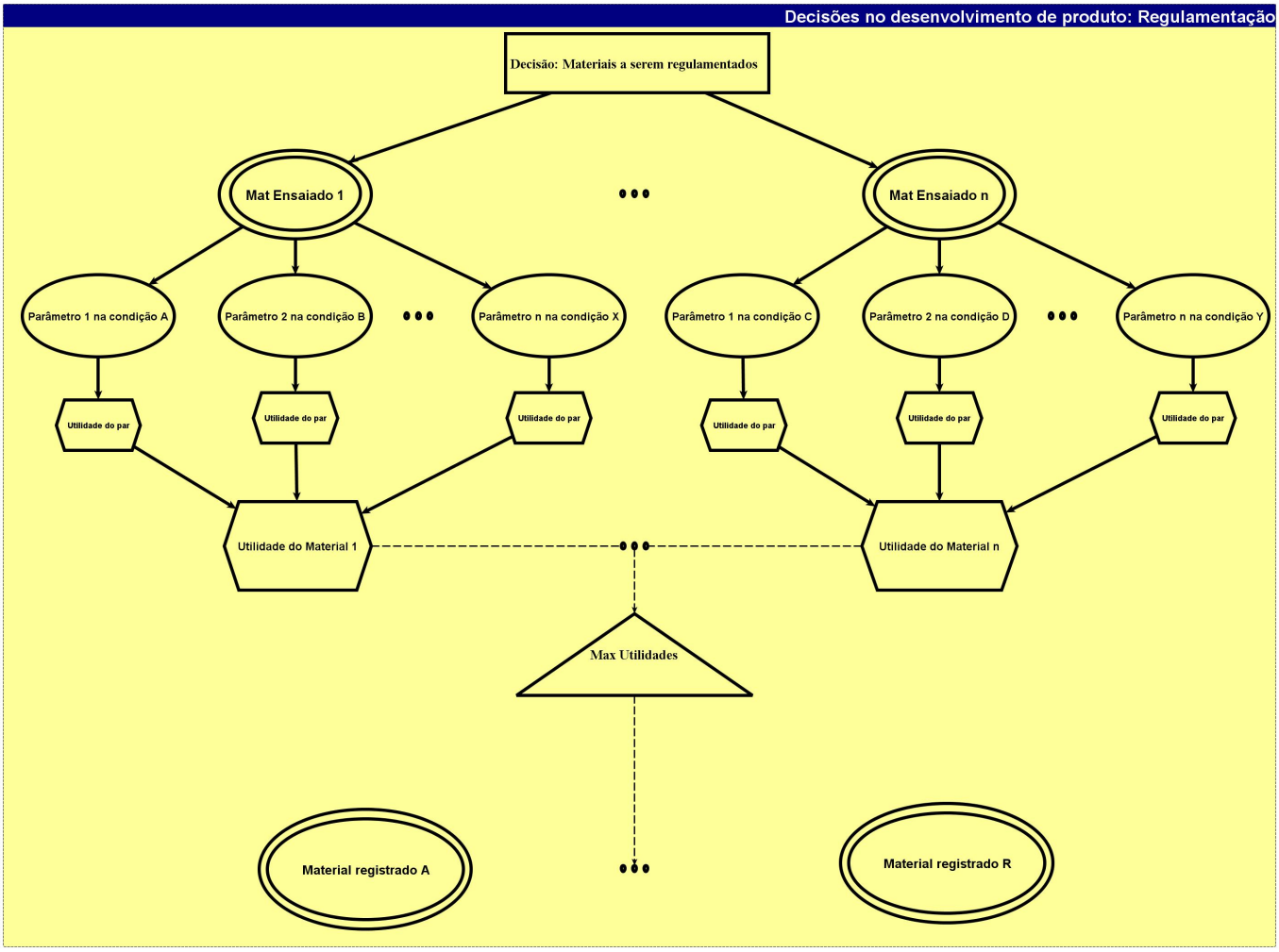

Figura 17 – Decisões no desenvolvimento de produto: materiais a serem regulamentados. Fonte: O autor.

Tabela 9 – Parâmetros na decisão de regulamentação. Fonte: O autor.

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Estabilidade do material em diversas localidades	Comportamento da produtividade e da variação da produtividade em diversos locais	Baixa estabilidade até alta estabilidade	$U(alta) > ... > U(baixa)$
Facilidade de regulamentação	Relaciona-se facilidade na execução com os trâmites legais para registro de produtos	fácil até difícil	$U(facil) > ... > U(dificil)$
Associação de desempenho com aspectos de Mercado	O produto além das características técnicas respeitas restrições de viabilidade econômica para sua produção	Sim ou Não	$U(Sim) > U(Nao)$
Preferência potencial pelos consumidores	Como os potenciais consumidores pré avaliam o produto e se esse produto atende as expectativas e necessidades dos consumidores	Alta até Baixa	$U(alta) > ... > U(baixa)$

Após a consideração dos diversos parâmetros descritos no diagrama de influência anterior, assim como de suas utilidades, ocorre a maximização objetiva[15], ou não das utilidades envolvidas, e determinados os materias que serão registrados.

5.1.2.5 Decisões no desenvolvimento de produtos: materiais regulamentados cujas genéticas serão produzidas

Após o registro dos materias, o produtor de sementes pode dar início ao estágio de produção de sementes genéticas, como descrito na caracterização da produção de sementes representada no fluxograma da Figura 13.

Nessa decisão, serão consideradas novamente como alternativas as linhagens que formam os híbridos registrados e que serão comercializados.

É interessate ressaltar, que uma mesma linhagem pode participar de vários híbridos, como descrito na seção do referencial teórico referente aos diferentes tipos de

[15] Através de modelagem explícita

híbridos.

As utilidades, assim como os parâmetros, considerados nas decisões relativas à essa parte do processo encontram-se na Figura 18 e na Tabela 10.

Cabe ressaltar que a evolução da utilidade em relação à urgência será diretamente proporcional a urgência, uma vez que o agente produtor dará preferência aos produtos mais urgentes. Por sua vez, a utilidade pelo número de híbridos em que uma linhagem tome parte, também será proporcional ao número de híbridos.

Em relação às quantidades de sementes genéticas a serem produzidas, as utilidades são praticamente constantes para os valores tipicamente praticados (10Kg até 15Kg), uma vez que essa quantia é praticamente irrisória frente aos volumes praticados nas próximas etapas.

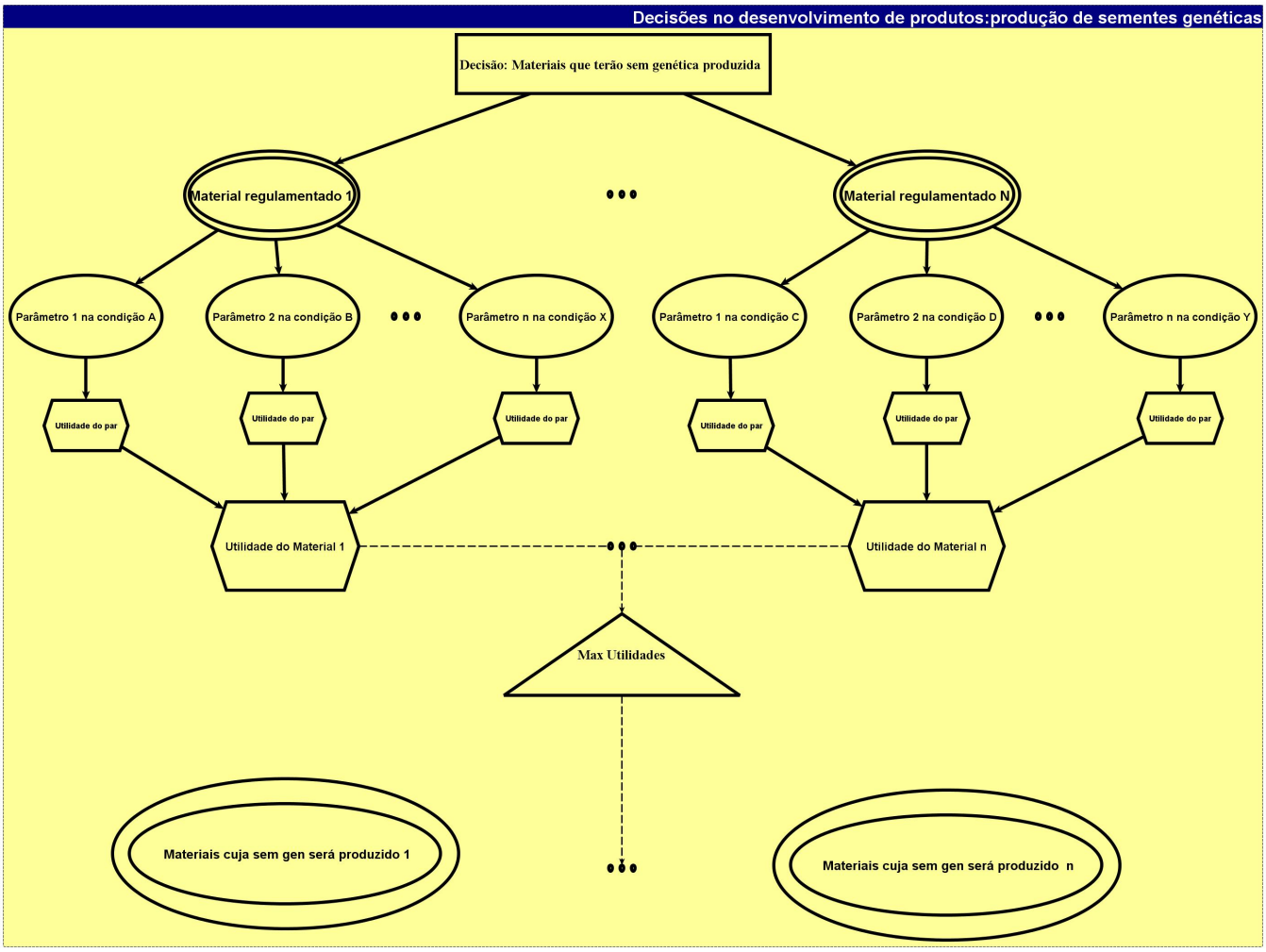

Figura 18 – Decisões no desenvolvimento de produto: genéticas a serem produzidas. Fonte: O autor.

Tabela 10 – Parâmetros na decisão produção de sementes genéticas. Fonte: O autor.

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Urgência na síntese das semente	Em função da demanda pelo cultivar resultante da linhagem pode ser maior ou menor	Alta até Baixa	$U(alta) > U(baixa)$
Número de híbridos em que a linhagem participa	Número de híbridos sintetizados a partir da linhagem	$0 : n$	$U(n) > ... > U(0)$ respeitando um limite genético mínimo de variabilidade ao portfólio de produtos
Quantidade de sementes	Faixa de quantidade de sementes genéticas	$10Kg : 15Kg$	$U(10) \cong U(15)$

5.1.3 Decisões na produção de sementes

5.1.3.1 Decisões na produção de sementes: produção de sementes básicas

Uma vez obtidas as sementes genéticas, procede-se à produção de sementes básicas. Esse tipo de semente, nada mais é do que a semente genética das linhagens multiplicada a quantidades maiores. O objetivo desse aumento de volume é, em geral, obter quantidade de sementes suficiente para montagem dos campos de produção de semente comercial. Para esse estágio do processo o diagrama de influências encontra-se na Figura 19.

É pertinente notar que a quantidade de sementes básicas que deve ser produzida é variável importante. Além do mais, será verificado no próximo item que esta quantidade é função da quantidade de sementes comerciais a ser produzida. Este fato, verificado dentro do contexto das decisões tomadas no processo, já motiva a importância de se determinar adequadamente a quantidade de sementes comerciais que deve ser produzida.

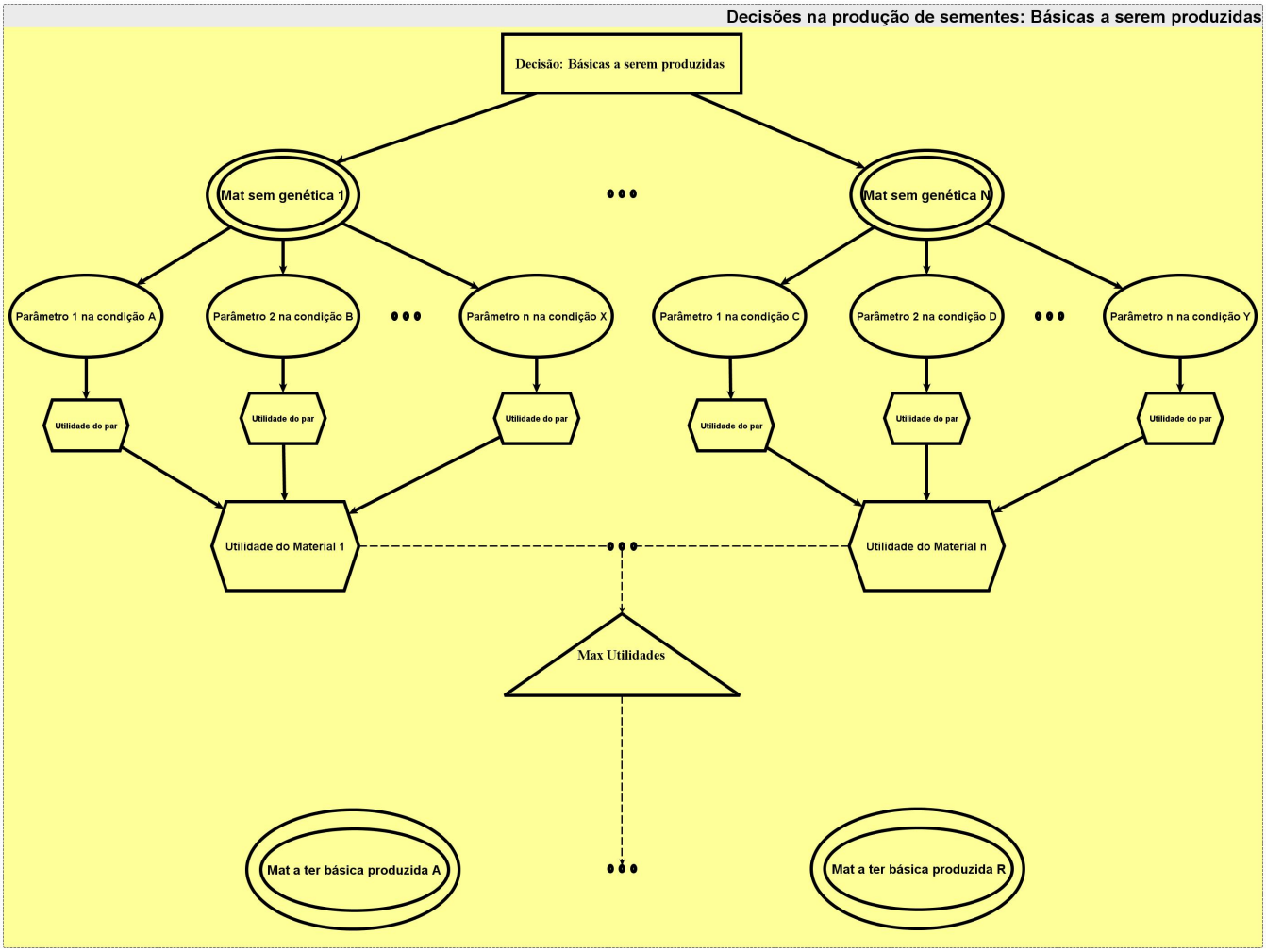

Figura 19 – Decisões na produção de sementes: básicas a serem produzidas. Fonte: O autor.

Tabela 11 – Parâmetros na decisão produção de sementes básicas. Fonte: O autor.

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Urgência na síntese das semente	Em função da demanda pelo cultivar resultante da linhagem que pode ser maior ou menor	Alta até Baixa	$U(alta) > U(baixa)$
Número de híbridos em que a linhagem participa	Número de híbridos sintetizados a partir da linhagem	$0 : n$	$U(n) > ... > U(0)$ respeitando um limite genético mínimo de variabilidade ao portfólio de produtos
Quantidade de sementes	Faixa de quantidade de sementes básicas a serem produzidas	Função da quantidade de comerciais a ser produzida	Não determinada aqui

Os demais parâmetros e utilidades descritos na Figura 19 e na Tabela 11, têm dinâmica próxima a discutida na seção anterior.

5.1.3.2 Decisões na produção de sementes: produção de sementes comerciais

De posse das quantidades de sementes básicas adequadas, as quais são função de diversas decisões tomadas no processo de produção, cabe proceder a próxima etapa, ou seja , a produção das sementes comerciais.

As decisões referentes a este estágio estão representadas na Figura 20, a qual representa um diagrama de influências possível para a situação. Os parâmetros das variáveis envolvidas na decisão encontram-se na Tabela 12.

Da visualização das figuras e tabelas anteriores, podemos verificar que variáveis típicas da teoria da produção (fatores de produção, local de produção etc) estão envolvidas. Contudo, estas variáveis não serão destacadas para que seja realizado um detalhamento da principal variável considerada: quantidade de sementes comerciais a serem produzidas.

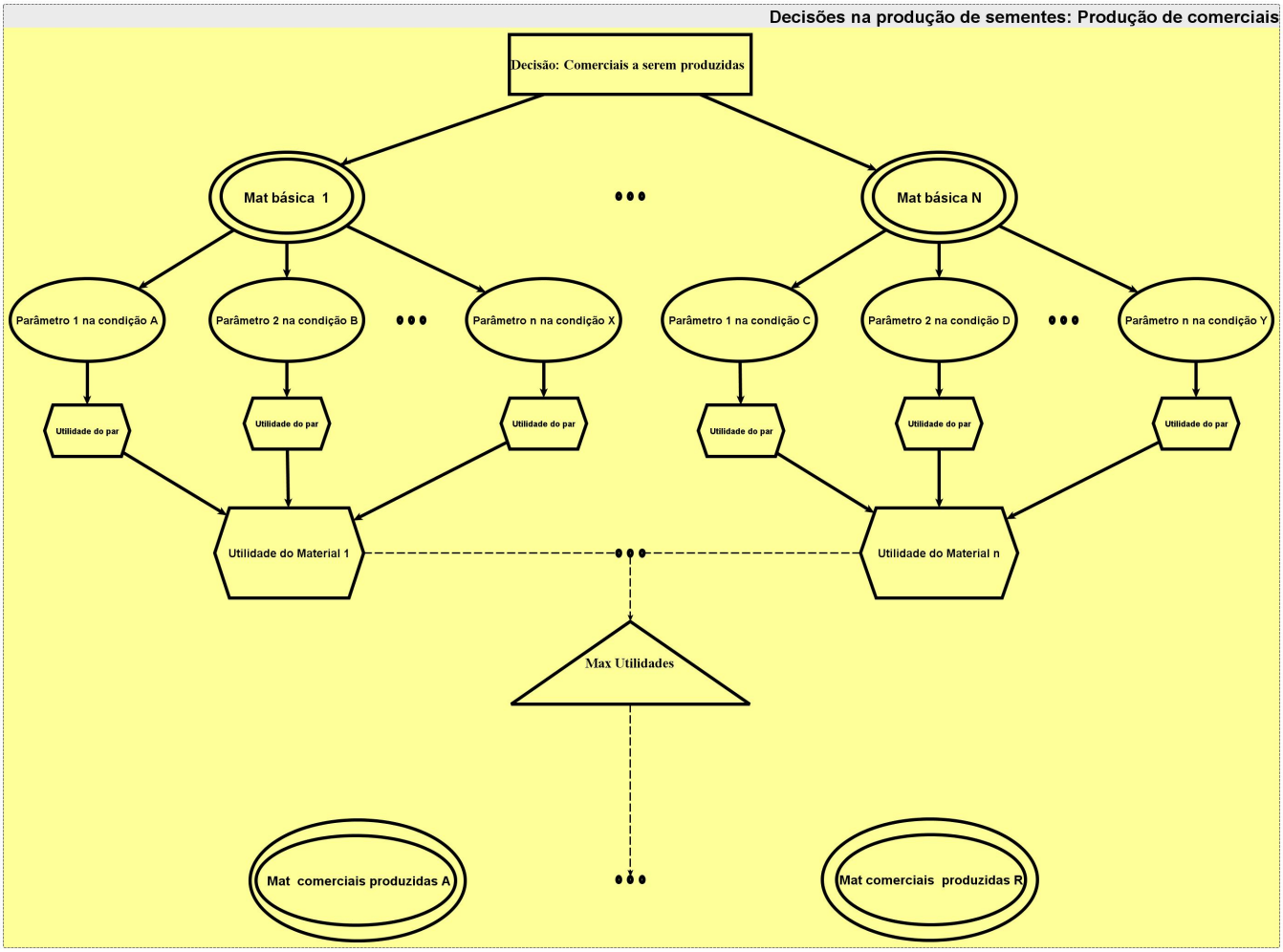

Figura 20 – Decisões na produção de sementes: comerciais a serem produzidas. Fonte: O autor.

Tabela 12 – Parâmetros na decisão produção de sementes comerciais. Fonte: O autor.

Parâmetro	Características	Faixa de Variação	Evolução da Utilidade
Localização da produção	Quais os locais mais adequados para instalação dos campos de produção em função de parâmetros técnico agronômicos e logísticos	Adequados a Não adequados	$U[adequados] > U[nadequados]$
Urgência da na síntese do material	Função da demanda pelo cultivar	Alta até Baixa	$U(alta) > U(baixa)$
Parâmetros relacionados a custo de produção	Parâmetros diversos como mão de obra , custos diveros e outros fatores que não são o foco principal desse trabalho	Altos até Baixos	$U[baixos] > U[altos]$
Quantidade de sementes a ser produzida	Quantidade de semente a ser produzida, e no presente trabalho que minimize o custo associado ao excesso de oferta ou demanda	$[0 : Q_d]$	$U[Q*_d] = U[otimo]$
Área	Área necessária para a produção	Função do tipo de produto (híbrido simples, duplo ou triplo), variando em função da quantidade de sementes a ser produzida para abastecer o mercado	Não especificada aqui

Esse detalhamento é devido ao fato de que a quantidade de sementes comerciais que deve ser produzida norteia as outras decisões do processo. Essa importância já havia sido evidenciada na fase de produção de sementes básicas.

Em outras palavras, essa quantidade será o indicador das quantidades de sementes básicas a serem produzidas, as quais se relacionam a todas as outras decisões

do processo.

Logisticamente, como os campos de produção de sementes devem ser instalados anteriormente ao período de oferta, essa quantidade é relativamente rígida no momento da oferta, o que pode fazer o produtor ofertar em excesso, em quantidade igual à demanda ou inferior a esta.

Dessa forma, essa quantidade deve ser exatamente determinada. Tal determinação será função não só do preço de venda praticado pelo produto, mas também de uma projeção da quantidade demandada por sementes comerciais na próxima safra.

A qualidade de tal projeção é fundamental para que se minimizem os custos associados ao excesso de oferta e demanda descritos no referencial teórico.

Dessa forma, a necessidade de tal projeção constitui a motivação para a seção B dos resultados, na qual é tratada a relação entre os resultados de projeção de demanda pelo cultivar em uma região, obtida por simulação computacional, além da otimização do modelo econômico para o custo relativo ao excesso de oferta e demanda. Devido à grande quantidade de informações simuladas foi possível também determinar as probabilidades de diferentes faixas de lucro obtíveis com o cultivar na região.

5.2 Resultados parte B: otimização do custo associado ao excesso de oferta e demanda através de uso de projeção da demanda por simulação computacional

Nessa seção são apresentados os resultados relacionados à otimização do modelo econômico proposto para o excesso de oferta ou demanda. Para essa finalidade, utilizamos o procedimento descrito na metodologia referente.

5.2.1 Simulação das quantidades demandadas futuras

5.2.1.1 Simulação da área plantada mapeada atualmente na região

A Figura 21 ilustra a dispersão dos valores simulados de área plantada atualmente na percecpção dos agentes entrevistados. Pode-se notar que os valores simulados variaram entre 2.486.000 ha até 3.037.000 ha. As principais estatísticas descritivas desses valores encontram-se na Tabela 13.

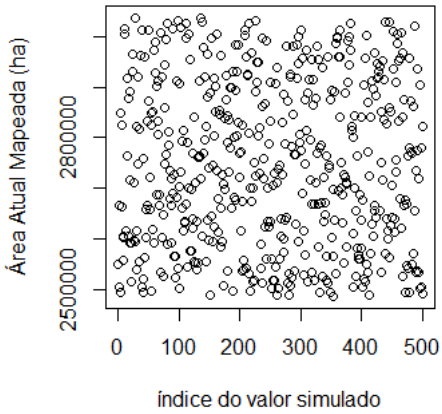

Figura 21 – Dispersão dos valores simulados de área atual. Fonte: O autor.

Tabela 13 – Estatísticas descritivas dos valores de área atual simulada. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (ha)
Mínimo Valor	2.486.000
Quantil 1	2.605.000
Mediana	2.735.000
Média	2.748.000
Quantil 3	2.894.000
Máximo Valor	3.037.000

5.2.1.2 Simulação das variações de área plantada entre safras consideradas

A Figura 22 ilustra a dispersão dos valores simulados de variação de área plantada entre dois anos. Os valores simulados variaram entre $-10.000ha$ e $+10.000ha$, valendo ressaltar que variações negativas representam retrações de área, representadas em vermelho na Figura 22.

As principais estatísticas descritivas desses valores encontram-se na Tabela 14.

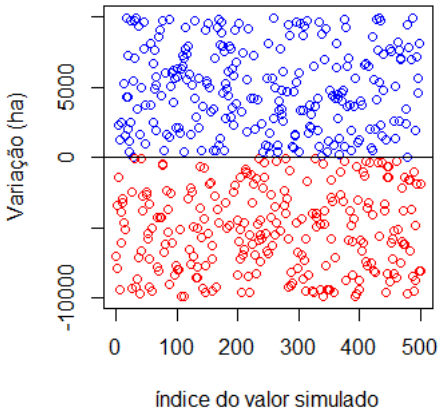

Figura 22 – Dispersão para os valores simulados para variação de área plantada. Fonte: O autor.

Tabela 14 – Estatísticas descritivas dos valores de variação de área simulada. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (ha)
Mínimo Valor	-9907,00
Quantil 1	-5197
Mediana	55.73
Média	-134.50
Quantil 3	4753
Máximo Valor	9986

5.2.1.3 Simulação da área futura plantada com o cultivar de interesse

A Figura 23 representa a dispersão dos valores de área futura plantada. Nela podemos notar que os valores simulados variaram de 2.477.000 ha até 3.044.000 ha. As principais estatísticas descritivas dos dados encontram-se na Tabela 15.

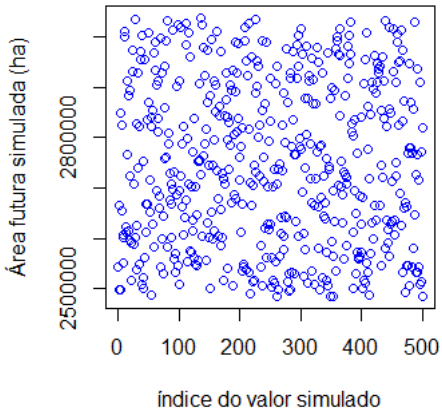

Figura 23 – Dispersão dos valores simulados de área futura. Fonte: O autor.

Tabela 15 – Estatísticas descritivas dos valores de área futura simulada. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (ha)
Mínimo Valor	2.477.000
Quantil 1	2.624.000
Mediana	2.761.000
Média	2.759.000
Quantil 3	2.887.000
Máximo Valor	3.044.000

5.2.1.4 Simulação dos market share futuros

A Figura 24 ilustra a dispersão dos valores simulados de *market share* futuro do produto de interesse (híbrido simples de alto desempenho). A variação entre 10% e 12,50% do mercado praticado na região foi a recomendada pelos agentes entrevistados. As principais estatísticas descritivas desses valores estão na Tabela 16.

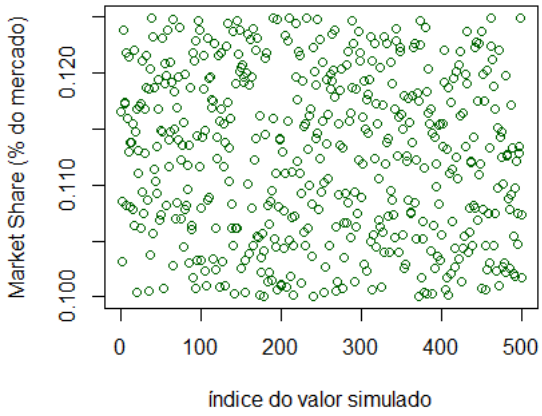

Figura 24 – Dispersão dos valores simulados de *market share*. Fonte: O autor.

Tabela 16 – Estatísticas descritivas dos valores de market share. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (% de mercado)
Mínimo Valor	0,1000
Quantil 1	0,1062
Mediana	0,1130
Média	0,1125
Quantil 3	0,1190
Máximo Valor	0,1250

5.2.1.5 Simulação da área plantada futura com o cultivar de interesse

A dispersão dos valores de área plantada futura com o cultivar de interesse variaram entre 251.600 ha e 374.300 ha, sendo representados na Figura 25 e resumidos na Tabela 17, a qual descreve as respectivas estatísticas descritivas.

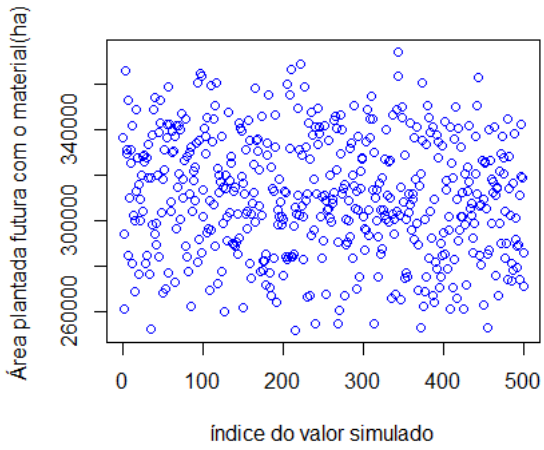

Figura 25 – Dispersão dos valores simulados de área plantada futura. Fonte: O autor.

Tabela 17 – Estatísticas descritivas dos valores simulados de área futura plantada com cultivar de interesse. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (ha)
Mínimo Valor	251.600
Quantil 1	291.100
Mediana	310.800
Média	310.400
Quantil 3	331.000
Máximo Valor	374.300

5.2.1.6 Simulação das quantidades para projeção da demanda futura

As quantidades demandadas em sacas, obtidas por simulação e que configuram as projeções para a demanda futura, são descritas no histograma da Figura 26. Nela podemos notar a dispersão dos valores, além de uma estimativa da probabilidade das quantidades demandadas futuras. A Figura 26 também descreve o comportamento das principais estatísticas descritivas dos dados simulados. Por sua vez, a dispersão dos valores encontram-se na Figura 27.

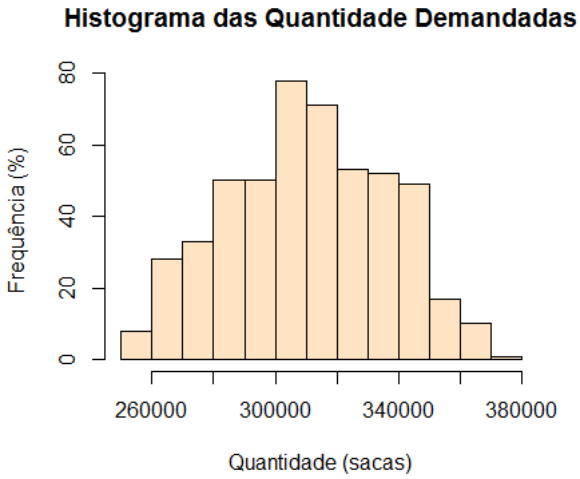

Figura 26 – Histograma das quantidades demandadas futuras. Fonte: O autor.

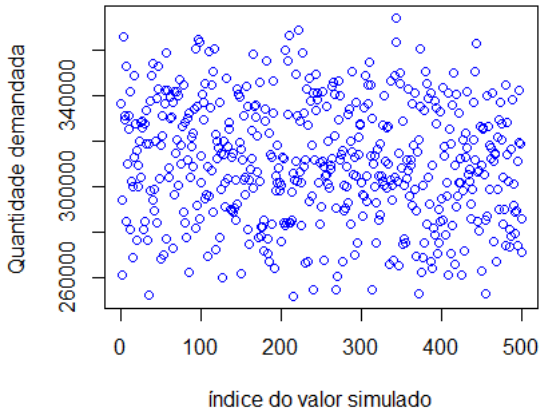

Figura 27 – Dispersão dos valores simulados de quantidade demandada. Fonte: O autor.

5.2.2 Otimização do modelo econômico

Da Equação 12, cuja otimização foi descrita na respectiva seção da metodologia, podemos determinar a quantidade ótima de sementes comerciais a serem produzidas.

$$E[Ctotal] = cpuni * |[0 : (s) - E[D]]|^{+} + luni * |[0 : E[D] - (s)]|^{+} \tag{12}$$

Dessa forma, o valor a ser produzido e que minimiza a esperança do custo associado ao excesso de oferta ou demanda por sementes do cultivar de interesse é igual

a 310.415 sacas.

5.2.3 Obtenção das diferentes faixas de lucro com o cultivar de interesse

5.2.3.1 Simulação dos preços

Os preços obtidos através de telefonemas às revendas consultadas, para um híbrido simples de alto desempenho encontram-se representados na Tabela 18.

Tabela 18 – Preços obtidos em levantamento por telefone. Fonte: O autor.

Fonte	Valor(R$)
1	446
2	450
3	445
4	434
5	457
6	450
7	445
8	450
9	455
10	453

A partir dos valores presentes na Tabela 18 foi realizada uma reamostragem com reposição. Com isso obtiveram-se 30 valores de preços representados na Tabela 19. A partir destes valores foi ajustada uma distribuição normal, cujos parâmetros estão descritos na Tabela 20.

O valor da estatística de Anderson Darling para o caso em que a média era conhecida e idêntica à média dos valores reamostrados, mas o desvio padrão não, foi calculada a partir dos dados resultando 1.420277 , o que permite concluir que o ajuste foi adequado ao nível de 5% de significância.

Tabela 19 – Preços obtidos por reamostragem. Fonte: O autor.

Fonte	Valor(R$)
1	450
2	446
3	453
4	434
5	455
6	434
7	457
8	453
9	450
10	453
11	450
12	434
13	450
14	446
15	455
16	446
17	455
18	450
19	445
20	457
21	450
22	445
23	450
24	450
25	446
26	450
27	450
28	457
29	445
30	455

Tabela 20 – Distribuição normal ajustada aos dados. Fonte: O autor.

Parâmetro	Valor(R$)	Desvio Padrão(R$)	Variação do parâmetro (R$)	Valor Amostral (R$)
Média	449.03	1.13	[447.90 : 450.16]	448.5
Desvio Padrão	6.19	0.80	[5.39 : 6.99]	6.51

A partir da distribuição normal ajustada, simularam-se 500 valores para preço do produto. A dispersão destes encontra-se na Figura 28 e as estatísticas descritivas na Tabela 21.

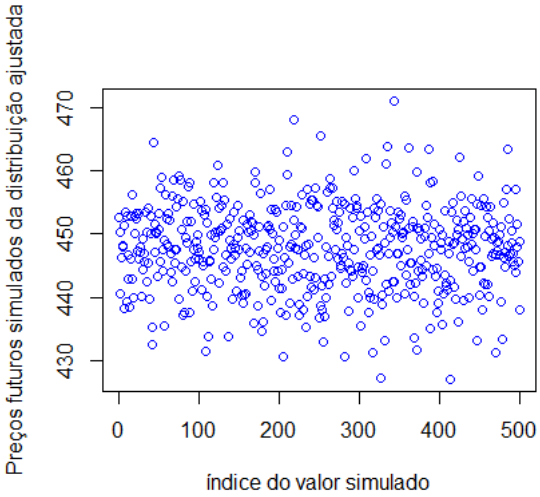

Figura 28 – Dispersão dos valores simulados de preço futuro. Fonte: O autor.

Tabela 21 – Estatísticas descritivas dos valores de preço simulados da distribuição ajustada. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (R$)
Mínimo Valor	427.0
Quantil 1	443.3
Mediana	447.8
Média	447.7
Quantil 3	452.3
Máximo Valor	471.1

5.2.3.2 Simulação dos custos

A partir dos resultados anteriores, foram simulados os valores de custo através da metodologia adotada no trabalho. Os principais resultados dessa simulação encontram-se nas Figuras 29, 30 e 31. As principais estatísticas descritivas encontram-se na Tabela 22.

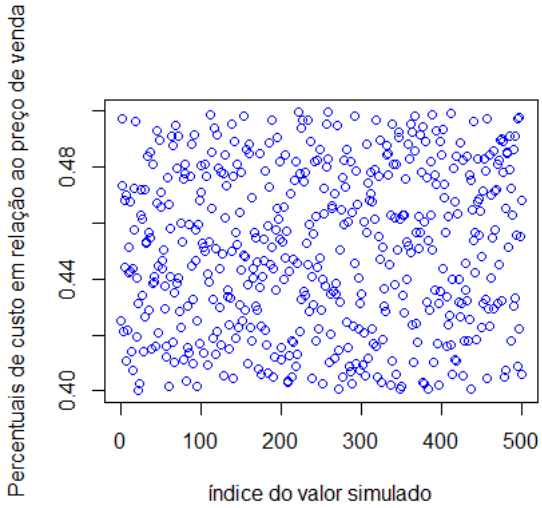

Figura 29 – Dispersão dos valores simulados de porcentagem de custo em relação ao preço de venda. Fonte: O autor.

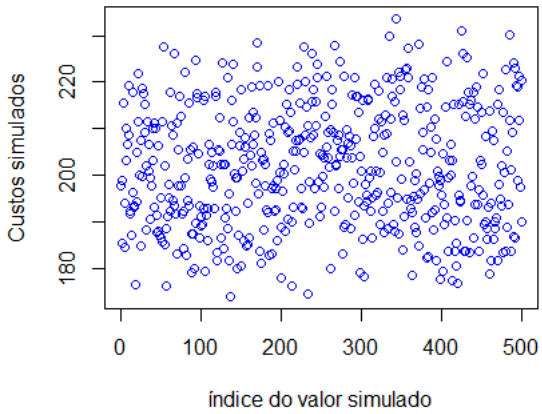

Figura 30 – Dispersão dos valores simulados de custo. Fonte: O autor.

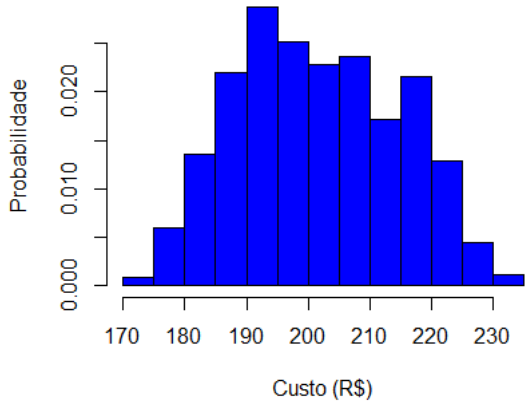

Figura 31 – Histograma dos valores simulados de custo. Fonte: O autor.

Tabela 22 – Estatísticas descritivas dos custos simulados da distribuição ajustada. Fonte: O autor.

Estatística	Valor (R$)
Mínimo Valor	173,9
Quantil 1	191,7
Mediana	200,8
Média	201,7
Quantil 3	211,9
Máximo Valor	233,7

5.2.3.3 Simulação dos lucros

A partir dos dados de preço, quantidade e custo, foram simulados os valores de lucro descritos nas Figuras 32 e 33. As principais estatísticas descritivas encontram-se na Tabela 23.

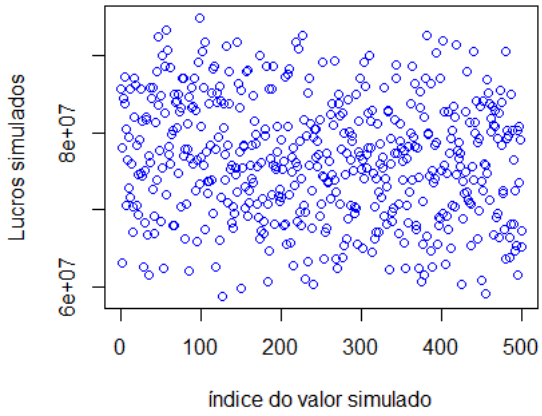

Figura 32 – Dispersão dos valores simulados de lucro. Fonte: O autor.

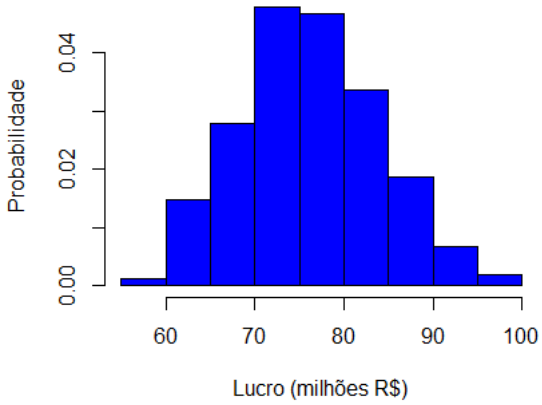

Figura 33 – Histograma dos valores simulados de lucro em milhões de reais. Fonte: O autor.

Tabela 23 – Estatísticas descritivas dos custos simulados. Fonte: O autor.

Estatística	Valor milhões (R$)
Mínimo Valor	57.02
Quantil 1	70.99
Mediana	75.90
Média	76.17
Quantil 3	81.32
Máximo Valor	97.97

5.2.3.4 Cálculo da probabilidade de diferentes faixas de lucro

A partir dos valores de lucro simulado, representados na Figuras 32 e 33 , foram determinadas, através da metodologia anteriormente descrita, as probabilidades associadas aos diferentes cenários de lucro e descritas na Tabela 24. A partir dessa tabela, podemos verificar que a probabilidade de lucros menores que $R\$50$ milhões é praticamente nula, indicando a magnitude do negócio realizada na região nas condições especificadas na simulação.

Tabela 24 – Probabilidades de diferentes faixas de lucros. Fonte: O autor.

Faixa de Lucro L (milhões de R$)	Probabilidade e Variação (intervalo de confiança)
$L < 50$	$0 + / - 0$
$L < 60$	$0.006 + / - 0.006$
$L < 70$	$0.22 + / - 0.03643436$ ou $[0.1835656, 0.2564344]$
$L < 80$	$0.694 + / - 0.04053152$ ou $[0.6534685, 0.7345315]$
$L < 90$	$0.956 + / - 0.0180388$ ou $[0.9379612, 0.9740388]$

6 CONCLUSÕES

Este trabalho descreve a situação atual do mercado de sementes de milho no Brasil. Caracterizou-se tal mercado como oligopólio, fortemente concentrado em poucos agentes multinacionais (detentores de tecnologias transgênicas) e com forte desnacionalização. O quadro geral apresentado evidencia situação danosa às empresas nacionais de sementes, especialmente em relação à possiblidade de acompanhar a evolução gerada pela biotecnlogia e de realizar pesquisa e inovação, o que afeta a sobrevivência de tais empresas no setor.

Devido ao fator estratégico que o setor nacional de sementes representa para o abastecimento da nação, é urgente que mecanismos oficiais geradores de inovação e transferência de tecnologia sejam viabilizados no Brasil para atender as empresas nacionais de sementes em termos de biotecnologia.

Dessa forma, é necessário e recomendável que instituições de pesquisa como a Embrapa e Universidades, assim como o governo e representantes da indústria nacional, utilizem-se dos recursos disponíveis para pesquisa entre, eles laboratórios de biotecnologia e sequenciadores, para realizar pesquisa biotecnológica básica que se alie à solução efetiva de problemas em setores relevantes da sociedade, ainda de forma integrada com o melhoramento genético, para que a fragilidade da indústria nacional de sementes seja reduzida. Em relação a esse tópico é comum a idéia entre os entrevistados durante a realização do trabalho de que a estrutura para tal desafio já existe, bastando iniciativa para a realização do feito.

Exemplo da dificuldade de integração entre a pesquisa biotecnológica básica e a resolução efetiva de problemas de interesse comum, é o pequeno número de soluções dadas a problemas práticos após o sequenciamento de diferentes genomas no passado recente.

Além disso, o trabalho mapeou as principais decisões tomadas por um produtor de sementes nas diferentes etapas do processo de produção através do uso de diagrama de influências, colocando o processo no âmbito das incertezas e decisões que o envolvem, fato que torna o trabalho inédito, e integra a teoria de decisão ao melhoramento genético.

Isso permite que empresas do setor possam realizar estudos futuros que as auxiliem em tomadas de decisão e no desenvolvimento de produto de forma integrada, ou

seja, utilizando-se efetivamente informações de diferentes naturezas no processo.

Além do mapeamento anterior, o trabalho propôs uma metodologia para o gerenciamento da incerteza em relação à quantidade demandada por sementes de um cultivar, que permite a otimização dos custos associados ao excesso de demanda e oferta. No processo, podem ser utilizados parâmetros conhecidos pelos agentes produtores em metodologia simplificada para determinação da quantidade de sementes comerciais de um cultivar a ser produzido.

Uma deficiência do modelo de otimização, que precisará ser sanada em trabalhos futuros, é torná-lo matematicamente restrito. Para tal, serão necessárias maiores informações a serem obtidas junto a agentes produtores de sementes.

Recomenda-se, em relação à metodologia, que na alimentação das simulações sejam utilizadas informações geradas por mapeamento da área atual plantada referente à cultura de interesse. Esta é uma motivação para criação de centros que realizem tal mapeamento e depois forneçam essa informação ao mercado de sementes. Seria também interessante que ao invés de utilizar-se uma área de referência, a análise contemplasse uma área geograficamente delimitada e levasse em consideração, também, a distribuição das sementes à essa região.

Os principais resultados e conclusões do trabalho permitem que as empresas de sementes possam se inserir no âmbito da gestão de riscos de seu interesse por meio de ferramentas analíticas de decisões, fator bastante comum em outros setores, como o mercado financeiro, o farmacêutico e o de seguros.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. **Principles of Plant Breeding**. New York: John Wiley, 1999. 254 p.

ALVES, L.; LIMA, F.; IKEDA, V.; BARROS, G.; OSAKI, M. O estado da arte de liberações de tecnologias geneticamente modificadas de soja e milho no brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 50., 2012, Vitória. **Anais...** Piracicaba SP: SOBER, 2012. p. 1–21.

ANTONIALLI, A. Impacto das cultivares transgênicas nas empresas nacionais de sementes de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas - SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2012. p. 169–172.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE SEMENTES. **Estatísticas**. 2012. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/>. Acesso em: 15 set. 2012.

AVIANI, D.M.; HIDALGO, J. **Proteção de Cultivares no Brasil**. Viçosa: UFV - MAPA, 2011. 202 p.

AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. **State-Contigent Insurance and Risk Managment**. Califórnia: Stanford University, 2006. 862 p.

_____. **Introdução à Estatística Matemática Aplicada - Distribuições e Simulação**. Palo Alto: Create Space, 2010. 428 p.

_____. **Introdução à Estatística Matemática Aplicada - Fundamentos**. Palo Alto: Create Space, 2010. 309 p.

_____. **Princípios de Inferência Dedutiva e Indutiva**. Palo Alto: Scotts Valley, 2010. 152 p.

BELL, E.; RAIFFA H., T.A. **Decision Making**: Descriptive, normative and prescriptive interactions. London: Cambridge Press, 1991. 623 p.

BERNOULLI, D. Exposition of a new theory on the measurement of risk. **Econometrica**, New York, v. 22, n. 1, p. 23–36, 1954.

BODDUPALI, P. Pesquisa para o melhoramento de milho no mundo em desenvolvimento: Esforços e iniciativas do programa de milho do cimmyt. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas - SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2012. p. 1–18.

BROOKES, G.; BARFOOT, P. Gm crops: Global socio-economic and environmental

impacts 1996-2010. **PG Economics**, Dorchester, v. 3, p. 1–21, 2012.

BUNN, D. **Applied Decision Analysis**. New York: McGraw-Hill, 1984. 300 p.

CIMINO, A.; LONGO, F.; MIRABELLI, G. A general simulation framework for supply chain modeling: State of the art and case study. **International Journal of Computer Science Issues**, New York, v. 7, n. 3, p. 1–9, 2010.

CULLEN, A.K. **Forecasting Electricity Demand using Regression and Monte Carlo Simulation Under Conditions of Insufficient Data**. New York: West Virginia University, 1999. 200 p.

D'AGOSTINO, R.B.; STEPHENS, M. **Goodness of fit techniques**. New York: Marcel Dekker InC, 1986. 560 p.

EMBRAPA. **Ensaios Nacionais**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/ensaio/>. Acesso em: 15 jul. 2012.

GRUPO ETC. **Impactos Potenciais da Tecnologia Terminator na Agricultura: Depoimentos de Agricultores Brasileiros**. 2007. Disponível em: <http://pt.banterminator.org/content/view/full/618>. Acesso em: 15 set. 2012.

GUERRANTE, R.S. **Estratégias de Inovação e Tecnologia em Sementes**. 2007. 270 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HALLAUER, R.; CARENA, M.J.; MIRANDA FILHO, J. **Quantitative Genetic in Maize Breeding**. New York: Springer, 2010. 468 p.

HOGARTH, R. **Judgement and Choice**. New York: John Wiley and Sons, 1991. 311 p.

HOWARD, H. Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996-2008. **Sustainability**, New York, v. 1, p. 1266–1267, 2009.

HOWARD, R. Decision analysis: Applied decision theory. In: PROCEEDING OF FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON OPERATIONS RESEARCH, 4., 1966, Palo Alto. **Anais...** Palo Alto: Stanford Institute, 1966. p. 1–18.

_____. Decision analysis:practice and promise. **Managment Science**, New York, v. 34, n. 6, p. 679–695, 1988.

_____. Speaking of decisions: Precise decision language. **Decision Anlysis**, New York, v. 1, n. 2, p. 71–78, 2004.

HOWARD, R.; MATHESON, J. Influence diagrams. **Journal of Decision Analysis**,

New York, v. 3, n. 3, p. 20–30, 1984.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS. 2012. Disponível em: <http://www.isaaa.org/>. Acesso em: 20 out. 2011.

JOHNES, C.; KEGLER, G.; LOWE, J.; TRAUB, D. Managing the seed-corn supply chain at syngenta. **INTERFACES**, New York, v. 33, n. 1, p. 80–90, 2003.

JOSANG, A. Artificial reasoning with subjective logic. In: SECOND AUSTRALIAN CONGRESS ON COMMONSENSE REASONING, 2., 1997, Sidney. **Anais...** Sidney: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 1–100.

JUNQUEIRA, R.A.R.; MORABITO, R. Planejamento da produção e logística de empresas produtoras de sementes de milho: Um estudo de caso. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 15, n. 2, p. 367–380, 2008.

KAHNEMAN, D.; SLOVIC, P.; TVERSKY, A. **Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases**. Cambridge: Cambridge Press, 1992. 555 p.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Subjective probability a judgement of representativeness. **Cognitive Psychology**, New York, v. 3, n. 3, p. 430–454, 1972.

_____. Judgement under uncertainty: Heuristics and biases. **Science**, New York, v. 185, p. 1121–1131, 1974.

KARIAN, A.; DUDEWICZ, J. **Handbook of Fitting Statistical Distributions with R**. New York: CRC Press, 2011. 1672 p.

MACHINA, M. Expected utility analysis withouth the independence axiom. **Econometrica**, New York, v. 50, n. 2, p. 277–324, 1982.

_____. Choice under uncertainty: Problems solved and unsolved. **Journal of Economic Perspectives**, New York, v. 1, n. 1, p. 121–154, 1987.

MOOD, A.M. **Introduction to the theory of statistics**. New York: McGraw Hill, 1974. 443 p.

MOURA, D.; MARTINELLI, O. Atuação da embrapa nos mercados de soja e milho e por que manter instituições públicas de pesquisa no brasil? **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 7–17, 2006.

MUÑOZ, F. **A Bayesian Framework For Modeling Demand In Supply Chain Simulation Experiments**. Cidade do México: Instituto Tecnológico Autónomo de México, 2003. 80 p.

NEIL, M.; FENTON, N.; TAILOR, M. Using bayesian networks to model expected and unexpected operational losses. **Risk Analysis**, New York, v. 1, n. 25, p. 963–972, 2005.

NEUMANN, B.; MORGENSTERN, O. **Theory of Games and Economic Behaviour**. London: Princeton University Press, 1953. 625 p.

PEARL, J. Bayesian networks a model of self activated memory for evidential reasoning. **Proceedings of Cognitive Science**, New York, v. 1, p. 329–334, 1985.

PLESSNER, H.; BLETSCH, C.; BLETSCH, C. **Intuition in Judgement and Decision Making**. London: Lawrence Erlbaum, 2007. 352 p.

RAIFFA, H. Decision analysis: a personal account of how it got started and evolved. **Operations Research**, New York, v. 7, p. 179–185, 2002.

RAMSEY, F. Truth probability. **The Foundations of Mathematics and Other Logical Sciences**, New York, v. 1, p. 61–92, 1931.

SARTI, D.A.; HONGYU, K.; DIAS, C.T. Análise ammi e biplot no melhoramento genético de milho. **Reunião da Região Brasileira da Associação Internacional de Biometria**, Piracicaba, v. 2, p. 10–20, 2012.

SAVAGE, L. **The Foundations of Statistics**. New York: Dover Publications, 1954. 310 p.

SCHACHTER, R. Probabilistic inference and influence diagrams. **Journal of Operations Research**, New York, v. 36, n. 4, p. 589–604, 1987.

SILBERBERG, E.; SUEN, W. **The Structure of Economics**: A mathematical analysis. New York: McGraw Hill, 2001. 668 p.

SOUZA, G. Ambiente regulatório de organismos geneticamente modificados no brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas - SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2012. p. 18–30.

STIGLER, S. **The History of Statistics**: The measurement of uncertainty before 1900. Massachusetts: Harvard University Press, 1986. 448 p.

TORO, G.; ABRAHAMSON, N.; SCHNEIDER, J. Model of strong motions from earthquakes in central and eastern north america: Best estimats and uncertainties. **Seisimological Research Letters**, New York, v. 68, n. 1, p. 41–57, 1997.

TOUNSI, J.; BOISSIERE, J.; HABCHI, G. A conceptual model for smes mechatronics supply chain. **International Journal of Computer Aided Engineering and Technology**, New York, v. 10, n. 2, p. 371–387, 2009.

VARIAN, H.; VARIAN, E. **Microeconomic Analysis**. New York: Norton Company, 2006. 346 p.

WHITE, D. **Decision Theory**. Chicago: Aldine Publishing Company, 1970. 350 p.

WORLD INTELECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Patents Search**. 2012. Disponível em: <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>. Acesso em: 15 jul. 2012.

YE, Y.; GLYNN, W.P.; WANG, Z. Likelihood robust optimization for data-driven newsvendor. **Tecnical Report**, Palo Alto, v. 2, p. 1–33, 2010. Disponível em: <http://menet.umn.edu/ zwang/files/newsvendor.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.

ZACKHARY, A.; ATIYA, A.; EL-SHISHINY, H.; GAYAR, N. **Forecasting Hotel Arrivals and Occupancy Using Monte Carlo Simulation**. Cairo: Cairo University, 2009. 20 p.