Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Risco e retorno de investimento em citros no Brasil

Andréia Cristina de Oliveira Adami

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2010

Andréia Cristina de Oliveira Adami
Bacharel em Ciências Econômicas

Risco e retorno de investimento em citros no Brasil

Orientador:

Prof. Dr. **GERALDO SANT'ANA DE CAMARGO BARROS**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba

2010

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

Adami, Andréia Cristina de Oliveira

Risco e retorno de investimento em citros no Brasil / Andréia Cristina de Oliveira Adami.
- - Piracicaba, 2010.
150 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.

1. Análise de risco 2. Citricultura 3. Investimentos 4. Laranja I. Título

CDD 338.17431
A198r

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

*Dedico à Anésia, Augusto, Gabi e Lú,
com muito amor.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela família maravilhosa e amigos maravilhosos que me reservou.

À minha querida mãe, pelo sacrifício que teve que passar em favor da minha criação e educação. Com muito carinho me ensinou a valorizar a vida, a amizade, a educação...

À minha família, Augusto, Gabi e a mais nova integrante Luizinha, que têm me dado momentos de alegria e crescimento pessoal. Agradeço pela compreensão durante minha ausência, ao incentivo e torcida.

Ao Prof. Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros pela paciência e competência com que me orientou, pelas oportunidades e pelo carinho. Toda minha admiração e respeito.

À Prof.^a Mirian Rumenos Piedade Bacchi, pelas contribuições a esse trabalho, pelo acompanhamento durante o curso de doutorado e pela paciência. Uma pessoa maravilhosa que tem toda minha estima.

Ao Prof. José Roberto Securato, pelos ensinamentos na área de finanças, pelas monitorias e pela paciência com que me atendeu.

Aos professores Adriano Azevedo Filho e Lucílio Alves e à Dr. Margarete Boteon pelas contribuições a esta tese.

A todos os professores do Departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ, pelos ensinamentos recebidos.

Aos amigos do Departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ, pela companhia nesta caminhada. Especialmente aos amigos, Claudia Brito, Maurício, Saori, Silvia e Leonardo, pelos momentos que vivemos juntos, pela amizade e carinho.

À minha querida amiga Adriana Ferreira Silva, um agradecimento especial, pois além da amizade, carinho e respeito que compartilhamos me socorreu nos momentos de necessidade, principalmente nesta fase final.

Aos funcionários do Departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ, principalmente à Maielli, uma grande amiga, sempre disposta a ajudar. Agradeço também pelo carinho recebido.

Às secretárias do CEPEA, Luciane e Elizângela, um agradecimento especial por toda colaboração.

À EMBRAPA, através do pesquisador Eduardo Stuchi, que cedeu os dados de um experimento de produção de laranja. Me confiou dados inéditos de um experimento que necessitou de 20 anos para ser finalizado e que foram fundamentais para a pesquisa.

À CAPES, pelo auxílio e incentivo através da concessão da bolsa para o curso de doutorado.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta tese.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Problema e importância.....	17
1.2 OBJETIVO.....	19
1.3 Estrutura do trabalho.....	21
2 RISCO NUM AMBIENTE NÃO-FINANCEIRO.....	23
2.1 Algumas definições de risco.....	23
2.2 Risco na citricultura.....	26
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Algumas medidas de risco.....	31
3.2 Referencial teórico.....	35
3.3 Procedimentos metodológicos.....	38
3.3.1 O modelo de Auto-Regressão Vetorial - VAR de previsão.....	41
3.3.2 Matriz de correlações seccionais e temporais.....	55
3.3.3 Simulação de Monte Carlo.....	61
3.4 Modelo empírico.....	63
3.4.1 Fluxo de caixa da cultura da laranja.....	66
3.4.2 Escolha dos fatores de risco.....	70
3.5 Provisão.....	71
3.6 Dados.....	74
4 CITRICULTURA BRASILEIRA.....	77
4.1 Produção e comercialização.....	77
4.2 Produtividade.....	89
4.3 Insumos.....	92
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
5.1 Identificação e estimação dos fatores de risco.....	100

5.1.1 Evolução do comportamento dos fatores de riscos.....	100
5.2 Características do investimento e rentabilidade média.....	112
5.3 Distribuição do VPL e o risco do projeto.....	116
5.4 Provisão.....	125
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
REFERÊNCIAS.....	131
APÊNDICE.....	137
ANEXOS.....	147

RESUMO

Risco e retorno de investimento em citros no Brasil

A citricultura brasileira é vista como atividade razoavelmente rentável no longo prazo, mas caracterizada por preocupante nível de risco. Este trabalho buscou avaliar a rentabilidade e o risco da atividade, sugerindo como forma de melhor gerenciá-los a provisão de recursos. A análise que confronta risco e retorno da atividade utiliza o método do Valor Presente Líquido - VPL. A identificação dos principais fatores (fontes de risco) responsáveis pela variabilidade do fluxo de caixa foi feita através da análise das contas do fluxo de caixa da atividade e pela estimação do modelo de auto-regressão vetorial de previsão para definir as distribuições conjuntas desses preços. As distribuições de probabilidade para a produtividade nos 19 anos de vida útil do pomar foram definidas através do teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov. Utilizando o modelo do VPL foram simulados 10.000 possíveis valores para os fatores de risco que substituídos nas contas do fluxo de caixa geraram 10.000 possíveis valores de rentabilidade para a atividade. A análise do investimento no pomar de laranja mostrou que os principais fatores de risco para a citricultura são os preços recebidos pela fruta, os preços pagos pelos insumos e a produtividade das plantas. O investimento se apresentou viável economicamente para uma taxa real de desconto de 4% ao ano, com 0,01% de chances de se obter $VPL < 0$; já, para uma taxa de desconto de 6% ao ano há 16% de chances de se obter $VPL < 0$; e, para uma taxa de desconto de 8% ao ano, o investimento passa a ser inviável economicamente apresentando apenas 3% de chances de se obter $VPL > 0$. Embora a rentabilidade média esperada tenha se apresentado remuneradora (6,6% ao ano), o produtor poderá necessitar de recursos para suportar os anos que apresentarem fluxo de caixa negativo. Para gerenciar os riscos do projeto, foram sugeridos dois procedimentos para o cálculo da provisão, um baseado no risco de $VPL < 0$ e outro na distribuição das receitas líquidas acumuladas capitalizadas negativas. O valor a ser provisionado para que o produtor fique protegido contra 95% dos possíveis déficits de caixa representa 17% do montante a ser aplicado nos 3 primeiros anos do projeto. Porém, o montante a provisionar depende dos recursos que o investidor disponha-se a aplicar a mais no projeto ou qual o limite de crédito com que ele pode contar para cobrir suas deficiências de caixa.

Palavras-chave: Risco; Rentabilidade; Citricultura; Provisão

ABSTRACT

Risk and Return in Brazilian Citrus Investment

The Brazilian citrus industry has been seen as a reasonably profitable business in the long term, but characterized by a worrying level of risk. This study below aimed to evaluate the profitability and risk of this business, suggesting that the best way to manage them is the provision of resources. Net Present Value - NPV was the method used to confront risk and return of citrus industry. Identification of the main factors (sources of risk) that may cause the variability of cash flows was made by examining accounts of cash flow activity and estimating vector autoregression forecast prediction to define joint distributions. Productivity distributions in 19-year life of orchard were adjusted by Kolmogorov-Smirnov test. Using NPV model were simulated 10,000 possible values for risk factors which replaced in accounts of the cash flow generates 10,000 possible values to business return. Orange orchard investment analysis showed that the major risk factors for citrus are: prices received by fruit, prices paid for inputs and productivity of plants. The investment has been shown economically feasible based on a discount rate of 4% per year, with a chance of 0.01% to get $NPV < 0$, 16% chance of getting $NPV < 0$ using a discount rate of 6% per year and using a discount rate of 8% per year the investment becomes economically unfeasible, it means only 3% chance of getting $NPV > 0$. Although the expected average return has been shown profitable (6.6% per year), producers may need resources to support negative cash flow years. In order to manage project risks, we suggest two procedures to calculate the provision: a risk-based on $NPV < 0$ and distribution of accumulated capitalized and negative net income values. Provision value to protect the producer against 95% of possible annual deficits represents 17% of first 3 years investment value. However, the total amount to be provisioned will depend on investor's further resources available to apply in the project or based on credit limit available to cover cash deficits.

Keywords: Risk; Profitability; Citrus; Provision

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Solução para o problema de maximização intertemporal da utilidade do agente avesso ao risco.....	37
Figura 2 - Procedimentos para testar a existência de raiz unitária.....	44
Figura 3 - Participação estadual na produção de laranja no Brasil em 2006.....	78
Figura 4 - Participação de mercado das principais empresas exportadoras de suco de laranja processado.....	81
Figura 5- Exportações brasileiras de suco concentrado de laranja no ano civil 2008 – participação por região de destino.....	82
Figura 6 - Relação entre os agentes técnicos, mão-de-obra para colheita e comercialização da fruta fresca.....	83
Figura 7- Evolução dos preços reais do Suco de Laranja Concentrado Congelado - SLCC negociados na Bolsa de Nova York – NYBOT, média de todos os vencimentos.....	86
Figura 8 - Evolução dos preços da laranja posta na indústria paulista: valores médios em reais de dez/2007 recebidos pelos produtores, a prazo, em R\$/cx de 40,8 kg.....	88
Figura 9 - Evolução da produção, área e produtividade dos pomares paulistas.....	89
Figura 10-Índice dos preços reais dos dois principais herbicidas usados na propriedade – Roundup e Gramoxone.....	93
Figura 11 - Índice dos preços reais dos principais acaricidas usados na propriedade.....	94
Figura 12 - Índice dos preços reais dos fungicidas usados na propriedade.....	95
Figura 13 - Índice dos preços reais dos inseticidas usados na propriedade.....	96
Figura 14 - Evolução do índice de preços dos fertilizantes – preços reais de outubro/2007.....	97
Figura 15 - Evolução dos preços reais do óleo diesel - R\$ de Outubro de 2007.....	97
Figura 16 - Evolução do índice de preços ao produtor.....	101
Figura 17 - Evolução das variáveis (fatores de risco) que afetam a receita da atividade – índice de preços do SLCC, índice de preços laranja* e índice de câmbio.....	102
Figura 18 - Função impulso resposta de um choque na variável DLL – logaritmo do preço real da laranja para a indústria na primeira diferença temporal.....	105
Figura 19- Função impulso resposta de um choque na variável DLX – logaritmo do índice de preços ao produtor na primeira diferença temporal.....	105

Figura 20 - Função impulso resposta de um choque na variável DLS – logaritmo do preço externo do suco de laranja concentrado congelado na primeira diferença temporal.....	106
Figura 21-Função impulso resposta de um choque na variável DLD – logaritmo da taxa de câmbio na primeira diferença temporal.....	106
Figura 22 - Matriz de relações contemporâneas.....	107
Figura 23 - Fluxo de caixa médio do investimento para os 20 anos de vida útil do pomar.....	116
Figura 24 - Distribuição de probabilidade da TIR.....	117
Figura 25 - Distribuição de probabilidade do VPL para taxa de desconto de 4% ao ano.....	118
Figura 26 - Fluxo de caixa para os 20 anos do investimento – média das simulações.....	119
Figura 27 - Distribuição de probabilidade VPL para taxa de desconto de 6% ao ano.....	123
Figura 28 - Distribuição de probabilidade VPL para taxa de desconto de 8% ao ano.....	124
Figura 29 - Histograma das receitas líquidas acumuladas capitalizadas negativas.....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de laranja dos principais países produtores para os anos-safra 2000/01 à 2007/08 – em milhões de toneladas.....	79
Tabela 2 - Volume de suco de laranja produzido pelos principais países produtores (em toneladas).....	80
Tabela 3 - Produção e produtividade média da laranja para o Estado de São Paulo.....	91
Tabela 4 - Teste uma raiz (ADF) para: Preço laranja, IPP, taxa de câmbio e suco de laranja..	103
Tabela 5 - Resultado teste de co-integração - modelo sem constante e com duas defasagens (escolha pelo critério Schwarz).....	104
Tabela 6 - Estimativa da matriz de coeficientes de relações contemporâneas.....	107
Tabela 7 - Médias e desvios-padrão das previsões do modelo VAR para 228 passos à frente – para a taxa de crescimento do preço da laranja e do IPP.....	109
Tabela 8 - Resultados do teste de ajustamento referente à produtividade da laranja.....	111
Tabela 9 - Estrutura de custos do investimento planejado.....	112
Tabela 10 - Produtividade média considerada – valores estimados com os dados da Estação Experimental de Bebedouro.....	114
Tabela 11 - Resultados do modelo para os valores médios considerados.....	115
Tabela 12 - Probabilidade de o investimento apresentar fluxo de caixa positivo e negativo para os diversos anos de vida útil do pomar.....	120
Tabela 13 - Limites da distribuição acumulada dos fluxos esperados de caixa correspondentes aos quartis de 5%, 10% e 50 de probabilidade – em R\$ do ano0.....	120

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema e importância

A citricultura brasileira é vista como atividade razoavelmente rentável no longo prazo, mas caracterizada por preocupante nível de risco. Este trabalho procurou avaliar rentabilidade e risco da atividade – que envolve um horizonte de cerca de vinte anos - sugerindo como forma de gerenciá-los a provisão de recursos. Além dos riscos de mercado de insumos e de produto e dos riscos climáticos, a citricultura tem sua produção agrícola influenciada por vários fatores como genótipo, solo, idade, pragas, doenças e manejo cultural. Todos esses fatores afetam a rentabilidade do negócio de citros, pois, afetam custos e receitas, fazendo-os divergir do esperado pelos produtores. Destacam-se a grande variedade tecnológica que caracteriza a atividade e a constante presença de pragas e doenças na sua história como fontes de preocupação do setor com sua sustentabilidade econômica.

Programas voltados para a mitigação de riscos devem ter como objetivo assegurar um planejamento acurado dos recursos necessários para o investimento das unidades produtoras e a manutenção de sua atividade produtiva, identificando quais riscos devem ser evitados, quais riscos devem ser *hedgeados* e quais riscos devem ser aceitos como intrínsecos ao negócio. Além disso, devem ser buscadas alternativas que possam reduzir os efeitos dos vários tipos de riscos identificados. Para Harwood et al. (1999) a atividade de gerenciamento de risco envolve escolhas entre alternativas com resultado incerto. Neste trabalho, foram utilizados modelos e conceitos de gerenciamento de riscos para um caso da citricultura no Estado de São Paulo. Assim, as exposições associadas a mudanças nos preços dos insumos, preço da laranja e produtividade foram investigadas, tendo em conta que alterações nessas variáveis afetam o resultado econômico/financeiro do negócio agrícola.

O agronegócio e, em particular, a agricultura é atividade que se caracteriza pela exposição a riscos provenientes de várias fontes. Um produtor agrícola fica exposto à variabilidade do preço dos vários insumos; às intempéries climáticas que afetam a produtividade e, portanto, podem gerar um volume de produção diferente do que o esperado; e, por fim, a variabilidade do preço do produto que vai prevalecer no mercado na época de venda da sua produção.

Rotineiramente, os produtores rurais se valem de certos procedimentos de gerenciamento de riscos, tais como a diversificação de atividades, a parceria e o arrendamento, além de vendas antecipadas e contratos a termo. Essas formas de gerenciamento de riscos, porém, não os têm poupado de sofrer graves oscilações de renda e consequentes perdas patrimoniais que nem sempre são plenamente percebidas pelos produtores. Como consequência, o setor primário (dentro da porteira) do agronegócio vem sendo vítima de crises cíclicas que demandam injeções de novos recursos e renegociação das dívidas em vencimento. O problema crônico do endividamento agrícola está gerando, no governo, uma discussão sobre a reformulação do atual modelo de política agrícola do país.

Diante do histórico problema com o endividamento agrícola a questão que fica é por que o produtor rural assume compromissos que não consegue honrar no futuro? Aparentemente, os produtores tendem a investir e a se endividar em fases de alta no ciclo do negócio, assumindo compromissos que não podem ser cumpridos nas fases de baixa, subestimando o risco do investimento¹. As avaliações apropriadas de risco têm um papel de auxiliar na tomada de decisão quanto aos investimentos a serem realizados, de forma a evitar que certos tipos ou níveis indesejáveis de risco sejam assumidos. O importante é que, qualquer que seja sua atitude (avesso, propenso ou neutro) frente a situações de risco, o produtor tome suas decisões baseadas em mensurações adequadas das perdas e dos ganhos a que está se sujeitando.

A citricultura brasileira tem sido um dos setores mais competitivos do agronegócio. O Brasil produz mais de 30% da laranja cultivada no mundo e 59% do suco de laranja concentrado congelado consumido no mundo (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2008a; FAO, 2008). Em 2007, as divisas com a exportação de suco de laranja chegaram a US\$2,3 bilhões, representando 80% do mercado mundial de suco de laranja (BRASIL, 2008). O segmento de produção de Suco de Laranja Concentrado Congelado - SLCC brasileiro possui desempenho singular dentro da economia brasileira, pois, não existe outro produto que detenha quase 60% da produção mundial e mais de 80% de participação nas vendas do mercado mundial. O sistema agroindustrial da laranja movimentava, aproximadamente, R\$ 9 bilhões por ano e gera

¹ BARROS, G.S.A.C. Brazil: the challenges in becoming an agricultural superpower. In: BRAINARD, L; MARTINEZ-DIAS, L. (Ed.). **Brazil as an economic superpower? Understanding Brazil's changing role in the global economy**. Washington, DC: Brookings Institution Press, 2009. p. 81-109.

mais de 400 mil empregos diretos e indiretos; investe fortemente em inovações e em pesquisa e tecnologia (NEVES et al., 2006; ABECITRUS, 2008c). Porém, o conhecimento técnico das exposições de risco do setor ainda é uma lacuna a ser preenchida.

O objetivo desse trabalho, portanto, foi apresentar um modelo para calcular o retorno financeiro e o risco para um projeto de investimento na fazenda de produção de laranja (unidade de negócio do produtor). A análise que confronta risco e retorno da atividade utiliza o método do Valor Presente Líquido - VPL que é a principal medida de rentabilidade de projetos de investimento de longo prazo². Através da análise da rentabilidade em risco, ou, do retorno em risco da atividade, pode-se avaliar a probabilidade de o produtor de laranja ter recursos disponíveis, no futuro, para honrar seus compromissos (pagar ou renegociar suas dívidas), ou seja, identificar pontos de estrangulamento (dificuldades de caixa) ao longo do tempo de vida útil da atividade e se haverá probabilidade de o produtor permanecer na atividade (repor o pomar no fim do ciclo de vida da cultura – sustentabilidade da atividade). Para a análise do risco da atividade a avaliação da variabilidade do fluxo de caixa e a identificação dos principais fatores (fontes de risco) que possam causar essa variabilidade é etapa fundamental para decisão quanto ao investimento planejado.

1.2 Objetivos

O objetivo principal do presente trabalho foi desenvolver um modelo de análise financeira para o investimento na cultura da laranja capaz de captar a probabilidade (risco) de uma unidade produtora de laranja não dispor de recursos financeiros para honrar seus compromissos futuros (dificuldades de caixa ao longo do prazo de vida útil do projeto) e/ou se manter na atividade (viabilidade econômica do investimento). Esse desenvolvimento foi baseado no método do VPL. A idéia é que um produtor de laranja mantenha-se no negócio enquanto essa atividade for a que – considerados os elementos de risco - mais bem remunere seu capital ou patrimônio, nas formas de terra, pomar, máquinas e equipamentos e benfeitorias, bem como o capital circulante (ou de giro). Esse patrimônio – a qualquer momento – possui um valor de mercado (medido pelo seu

² Ross, Westerfield e Jordan (2002, p. 232.)

custo de oportunidade), que, aplicado em outras atividades, geraria rendimentos sujeitos aos padrões de risco específicos de cada atividade.

O produtor de laranja poderá optar a qualquer momento por mudar a alocação de seu patrimônio, caso considere alguma alternativa à atual atividade mais atrativa – a atividade que apresentar maior VPL é a mais atrativa para o produtor/investidor. Dessa maneira, é essencial que, antes de tomar a decisão de investimento, o produtor tenha uma adequada avaliação dos retornos e riscos que o aguardam. Embora o retorno médio esperado seja satisfatório, caso ocorra falta de recursos num momento qualquer, o produtor pode ter de alienar parte ou todo seu patrimônio. Ocorre que, em momentos como esse, de condições desfavoráveis, o patrimônio tende a ter seu valor diminuído. Sua venda é a realização de uma perda do capital. O produtor deverá, portanto, evitar assumir compromissos financeiros em níveis que gerem tais circunstâncias com probabilidades elevadas.

Como objetivos específicos têm-se:

- Mapear e identificar quais componentes - preço de venda da laranja, produtividade da laranja e preço da cesta dos insumos utilizados no processo de produção - do fluxo de recursos financeiros da unidade de produção de laranja (fluxo de caixa da atividade) podem ser considerados como fatores de risco;
- Estimar um modelo de séries de tempo (Auto-Regressão Vetorial - VAR) que descreva o comportamento futuro dos fatores de risco;
- Estimar o comportamento da produtividade em função da idade do pomar de forma a ajustar os dados históricos a uma distribuição teórica – teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov;
- Gerar cenários para os fatores de risco através de simulação de Monte Carlo;
- Caracterizar o fluxo de caixa da atividade sob os diferentes cenários gerados de forma a avaliar o impacto de mudanças nos fatores de risco sobre o fluxo futuro de recursos da atividade;

- Avaliar a probabilidade (risco) de o produtor de laranja obter VPL com o investimento planejado menor que zero – ponto que torna o investimento desejado inviável economicamente à taxa de desconto considerada.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em seis partes. Na primeira parte, introduz-se o problema de pesquisa, importância do tema e objetivos a serem atingidos. Na seção dois, trata-se dos conceitos e medidas de risco importantes para o entendimento do problema de pesquisa em questão. Na seção três, expõe-se o referencial teórico, apresentam-se os dados, o modelo empírico e métodos utilizados para tratar o problema de pesquisa abordado nesta tese. Na seção quatro, abordam-se aspectos do setor de citricultura brasileiro, principalmente as questões relativas à produção e comercialização da laranja para a indústria. Na seção cinco, são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Na seção seis, conclusões e considerações finais são apontadas, além da indicação das limitações da pesquisa.

2 RISCO NUM AMBIENTE NÃO-FINANCEIRO

Esta seção trata de conceitos e medidas de riscos utilizados em um ambiente não-financeiro como a atividade agrícola, além de expor os principais riscos enfrentados pela citricultura, em especial.

No ambiente empresarial a necessidade de se medir os riscos deve-se principalmente à volatilidade nos mercados. Assim, investidores anseiam cada vez mais por atuação de órgãos que estabeleçam normas reguladoras de forma a minimizar potenciais perdas que possam ser geradas por cenários de estresse que não sejam considerados pelas empresas (riscos envolvidos no negócio).

No caso do agronegócio brasileiro, os principais agentes financiadores têm sido o Banco do Brasil e o Banco Nacional de Desenvolvimento Social - BNDES, mas, devido ao crescente interesse de investidores, abre-se caminho para ampliar as fontes de financiamento. Diante de oportunidades de aplicar seus recursos em empresas do agronegócio (inclusive propriedades rurais), financiadores e investidores necessitam de avaliações de risco para o investimento em consideração. Trata-se de profissionalizar as unidades produtoras e olhar a unidade de produção agrícola como uma unidade de negócio. Nesse sentido, este trabalho visou tomar conceitos de análise e modelagem de risco, normalmente utilizados no mundo empresarial e adaptá-los para análises de risco de unidades produtoras do meio rural, que utilizam insumos, processam-nos e vendem seus produtos no mercado, similarmente a qualquer empresa ou indústria. Como qualquer investimento em atividades produtivas, o investimento na atividade agrícola compromete considerável volume de capital, que, embora acene com probabilidade de retorno satisfatório, fica sob determinada probabilidade (indesejada) sujeito a perda parcial ou total.

2.1 Algumas definições de risco

Os riscos financeiros existentes podem ser divididos em cinco classes: risco de mercado, risco de crédito, risco de liquidez, risco operacional e risco legal.

As instituições não-financeiras, além dos riscos financeiros, estão expostas aos riscos do negócio, associados às condições de demanda, oferta e tecnologia. Em geral, as unidades produtoras estão interessadas numa análise agregada de suas exposições de risco.

Para a atividade agrícola pode-se descrever ao menos cinco classes de risco: risco de preços (de produto e insumos), risco de produção, risco de renda, risco financeiro e risco institucional (USDA, 2006).

O risco de preços ou de mercado deve-se à variabilidade dos preços dos produtos e insumos agrícolas que, muitas vezes, são determinados de acordo com a oferta e demanda global. Portanto, mudanças não antecipadas nas condições de oferta e de demanda podem causar variações inesperadas nos preços recebidos pelos produtos e nos preços pagos pelos insumos agrícolas com possível efeito indesejável na forma de queda nos termos de troca dos produtores.

O risco de produção está associado a eventos que possam afetar negativamente a produtividade da atividade agrícola de forma a provocar redução na produção esperada pelos produtores. Normalmente é provocado por variáveis ambientais como alterações climáticas (secas e enchentes, por exemplo), pragas e doenças.

O risco de renda decorre de alterações conjuntas na quantidade produzida, nos preços recebidos pelos produtores e nos preços pagos pelos insumos (fertilizantes, defensivos, óleo diesel, etc.). O efeito sobre a renda é uma combinação da variabilidade de todos os fatores conjuntamente.

O risco financeiro é representado por uma evolução desfavorável e inesperada do fluxo de caixa do negócio, que pode resultar de comportamento desfavorável dos mercados, ou da produção – e, portanto, da renda do produtor rural. Resulta um perfil impróprio daquele fluxo, com conseqüências sobre a capacidade de pagamento do empreendimento. Variações não antecipadas na forma de altas nas taxas de juros e corte na oferta de crédito podem agravar uma situação já difícil. Esses fatores têm potencial de prejudicar a sustentabilidade da atividade, no sentido de manutenção da solvência do negócio, com perdas significativas do patrimônio do produtor rural.

Deve-se considerar ainda que os governos Federal e Estadual podem mudar leis e regulamentos, tais como leis tributárias e ambientais e alterar programas de commodities agrícolas causando risco institucional que os produtores não conseguem prever.

Neste trabalho, a definição de risco segue a lógica do risco de renda apresentado pelo USDA (2006) que o atribui à variabilidade na renda/retorno em relação ao esperado pelo produtor causada por alterações na quantidade produzida, nos preços recebidos pelos produtores e nos preços pagos pelos insumos (fertilizantes, defensivos, óleo diesel, etc.).

Sabe-se, no entanto, que a definição de risco é difícil e subjetiva, pois não existe uma única definição universalmente aceita e, está associada com a função de utilidade esperada e o grau de aversão ao risco característicos de cada agente - avesso, propenso e neutro (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 1995).

Para propósitos deste trabalho consideram-se dois tipos de risco. Por um lado, o risco dado é a possibilidade de prejuízo financeiro quando comparado ao custo de oportunidade do capital do investimento no negócio de produção de laranja e, sua quantificação é feita através da construção da distribuição dos resultados esperados (distribuição de frequência do VPL), sendo que o risco está associado com o quantil da distribuição de frequência que apresenta $VPL < 0$. Dessa forma, o produtor, considerado um agente racional e avesso ao risco aplicaria seus recursos no projeto de implantação do pomar de laranjeiras apenas se obtiver retorno igual ou superior ao custo de oportunidade do capital, ou seja, em caso de $VPL > 0$, de tal forma que o retorno esperado do investimento seja superior ao oferecido no mercado financeiro para investimentos de mesmo risco, com a taxa de desconto refletindo o custo de oportunidade do capital e o risco do projeto. Entretanto, mesmo limitando-se a investir quando a expectativa é de $VPL > 0$, a probabilidade de ocorrer $VPL < 0$ pode permanecer positiva. Ou seja, um determinado projeto de investimento fica caracterizado por uma distribuição probabilística do VPL, incluindo valores negativos. Para mitigar esse risco, o investidor pode fazer uma provisão de recursos aplicados em alternativa de baixo risco, que reduza essa probabilidade a um nível suportável.

Por outro lado, este trabalho foca também o risco de deficiência de liquidez ou deficiência de caixa. Neste caso, o investidor, desenvolvendo um projeto rentável, pode em determinadas ocasiões ver-se sem caixa para cobrir seus desembolsos. O volume de caixa do projeto em cada ano, por exemplo, segue uma distribuição probabilística. Poderá haver, assim, momentos em que o projeto não gera recursos para cobrir os desembolsos, podendo o déficit superar o limite de crédito do investidor. Diante dessa possibilidade, o investidor poderá também provisionar recursos a um nível suportável de sorte a reduzir a probabilidade de ocorrer inadimplência.

2.2 Risco na citricultura

A instalação do parque industrial citrícola brasileiro teve início na década de 1960 (ABECITRUS, 2008b). Desde então, alguns fatos relevantes como quebra de safra por problemas climáticos, excesso de produção, mudanças na instituição de contratos de comercialização da laranja para a indústria, problemas de enfraquecimento do câmbio (R\$/US\$), aparecimento de várias pragas e doenças e aumento da concentração da indústria são elementos que têm sido relacionados ao risco da atividade. Os principais acontecimentos relacionados ao risco ocorridos nos últimos quarenta anos no setor de citricultura são discutidos nesta subseção e estão baseados em Neves et al. (2009).

Na década de 1970 o setor começa a se organizar, surgem negociações contratuais entre representantes da indústria e dos produtores com intermediação do governo. Essa interação entre indústria, produtores e governo ganha força na década de 1980 quando, então, institui-se um contrato-padrão para a compra e venda da laranja. Esse contrato, que vigorou até 1995, condicionou o preço da laranja às negociações internacionais do suco e criou condições para a negociação do pagamento da colheita e do transporte, além da legitimação de acordos coletivos. Na área fitossanitária, foi encontrado, no estado de São Paulo, o cancro cítrico.

Na década de 1990, a recuperação dos pomares da Flórida pressionou os preços do suco negociados na bolsa de Nova York e, como consequência, os preços pagos aos produtores brasileiros caíram significativamente. O início dos anos 1990 foi marcado por várias denúncias de formação de cartel contra a indústria processadora de suco. Diante de tanta turbulência no mercado, em 1995 extinguiu-se o contrato padrão e teve início uma nova forma de negociação entre a indústria e os produtores, passando a vigorar contratos individuais com preços fixos para três anos ou um preço mínimo acrescido de participação na venda do suco destinado ao mercado europeu.

No início dos anos 2000 houve quebra de produção devido a uma forte estiagem no estado de São Paulo, preços baixos aos produtores causados pelos altos estoques de suco e aparecimento da morte súbita em Minas Gerais com avanço para São Paulo. Em 2005 e 2006 surge novamente a necessidade da renegociação de nova estrutura contratual, pois, com a forte valorização do real frente ao dólar e a rigidez contratual, os produtores não se sentiram beneficiados pela alta recorde dos preços do suco negociado na Bolsa de Nova York. Já em 2007 e 2008, com o agravamento da

crise financeira internacional, o produtor sem contrato vê o preço da caixa, que em dezembro de 2007 era vendido em média por R\$12,60, cair abaixo de R\$5,00 nos primeiros meses de 2009 (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA, 2009).

Na atividade citrícola há a percepção de que a principal fonte de risco é a perda de produtividade causada pelo ataque de pragas e doenças e com as condições do clima, que é também, fator determinante no desenvolvimento de muitas doenças. Essa percepção do risco da atividade se deve ao fato de que, ao longo de sua história, a cultura da laranja foi constantemente atacada por pragas e doenças, sendo que, atualmente, considera-se que existam 300 pragas e doenças afetando a citricultura paulista (FIGUEIREDO, 2008). Em muitos casos, foi grande o número de árvores que precisaram ser erradicadas devido ao forte padrão de ataque de algumas doenças. Segundo Neves e Lopes (2005), são alarmantes as estimativas com os gastos e prejuízos provocados pelas doenças, pois, só em 2003, o setor gastou US\$141 milhões com defensivos agrícolas, além de prejuízos estimados em cerca de US\$150 milhões, por ano, provocados pela queda de produção e por perdas de plantas.

Atualmente, as doenças que mais causam danos à citricultura são o Cancro Cítrico, o CVC, a Morte súbita e o *Greeging*.

O Cancro Cítrico (causado pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*) é uma doença conhecida mundialmente e no Brasil a primeira constatação foi em 1957. Segundo Massari (2001) de 1957 até 1961 foram eliminadas 1,2 milhões de árvores devido a essa doença. A partir de 1997 foi constatada uma mudança no padrão da doença. Pesquisadores da doença verificaram que a mudança estava associada com a entrada no país, a partir de 1996, da larva-minadora-dos-citros. Devido a esta mudança, a partir de 1999, foi adotada uma metodologia mais severa de erradicação, o que provocou a erradicação de 1,8 milhões de plantas entre 2000 e 2004 (FIGUEIREDO, 2008).

A Clorose Variegada dos Citros - CVC apareceu no Brasil em 1987 e é conhecida como amarelinho. Esta doença é causada pela bactéria *Xyllela Fastidiosa*. O manejo do amarelinho inclui o controle de 11 espécies de cigarrinhas que transmitem a doença e a poda ou a eliminação das árvores doentes. Esta doença está presente em todas as variedades de citros comerciais e em diferentes intensidades de todas as regiões do estado de São Paulo. Lopes et al. (2004) estimaram perdas anuais na ordem de US\$ 100 milhões com incidência em 43% das plantas cultivadas em São Paulo e no Sul de Minas Gerais no ano de 2003.

A morte súbita dos citros foi detectada pela primeira vez no Brasil em 2001. É uma doença de combinação copa/porta-enxerto que pode causar definhamento e morte súbita das plantas sobre porta-enxertos intolerantes – o principal porta-enxerto utilizado pela citricultura é o limoeiro cravo que é suscetível à doença. Essa doença afeta todas as variedades comerciais de laranjeiras doces e as tangerinas “Cravo” e “Ponkan”, enxertadas sobre os limoeiros “Cravo” e “Volkamericano”, que representam cerca de 85% dos pomares paulistas e mineiros. Levantamentos realizados mostram que a doença tem avançado rapidamente nos estados de São Paulo e Minas Gerais, foram estimados mais de 2 milhões de plantas com sintomas até janeiro de 2004 (FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA - FUNDECITRUS, 2009). Os municípios com maior incidência foram Comendador Gomes e Frutal, em Minas Gerais e Colômbia, Barretos e Altair, em São Paulo. Têm-se identificado diversas semelhanças entre a morte súbita e a tristeza dos citros, a começar pelo fato de ambas serem doenças de combinação e a substituição do porta-enxerto suscetível por um tolerante, através da sub-enxertia, poder resolver o problema nos dois casos. Os sintomas das duas doenças são bem parecidos, caracterizados pelo declínio rápido da planta, causado pela obstrução do floema (FIGUEIREDO, 2008).

Em 2004, pesquisadores do Centro de Citricultura Sylvio Moreira – ligado ao Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, detectaram a presença da bactéria causadora do *greening* ou *Huanglongbing* - HLB em plantas com sintomas da doença, coletadas em pomares de vários municípios do estado de São Paulo. De acordo com Fernandes (2004) trata-se de uma doença devastadora que já destruiu diversos pomares na Ásia. Embora não haja, ainda, uma estimativa dos danos econômicos causados pelo *greening* na citricultura paulista, a experiência dos países asiáticos e africanos indica que esta doença possui elevada capacidade destrutiva. As consequências esperadas pelo setor são o aumento dos custos de produção e a redução da produção dos pomares, uma vez que a sistemática de controle adotada é a erradicação das plantas doentes. Três milhões de plantas já foram eliminadas desde que a doença apareceu nos pomares paulistas, para os próximos anos, espera-se que aproximadamente três milhões de novas plantas sejam eliminadas em São Paulo, o que representará 3% do chamado parque citrícola do Estado (GARCIA, 2009).

O declínio dos citros é uma doença que, embora não esteja na lista das mais perigosas atualmente, desde sua constatação no final da década de 70 estima-se ter provocado perda da ordem de várias dezenas de milhões de plantas. Raramente ocorre a morte da árvore, os pomares

afetados têm uma redução na produção de frutos e à medida que ela se torna economicamente improdutiva os citricultores a removem, colocando outra muda em seu lugar. Após sua introdução no Brasil, a doença passou a ocorrer em praticamente todas as regiões citrícolas. De acordo com levantamento do FUNDECITRUS (2009), estima-se que no Estado de São Paulo cerca de 5% das principais copas de laranjeira doce estejam com sintomas de declínio.

Além do risco biológico ou fitossanitário (associado com o ataque de pragas e doenças), a atividade de citros também está exposta ao risco de preços, que está associado com a variabilidade dos preços que os produtores pagam pelos insumos necessários à produção e com a variabilidade dos preços que recebem pela fruta. Esses preços também sofrem impacto de outras variáveis como o dólar e o preço do suco de laranja, que é negociado na bolsa de Nova York, além da variabilidade dos preços internacionais dos insumos.

Para a análise dos riscos envolvidos no negócio do produtor de citros não há procedimento único, pois, cada região produtora, dependendo de suas especificidades climáticas, topográficas, tamanho do estabelecimento e qualidade das laranjas (valência, pêra, etc.), possui uma condução operacional específica, ou seja, cada produtor possui um sistema de produção diferenciado com custos diferenciados. Assim, diferentes sistemas de produção possuem custos diferenciados e podem apresentar diferentes exposições de risco.

Na literatura sobre riscos na citricultura a maior parte dos estudos foi direcionada para tratar dos riscos biológicos ou fitossanitários. Apenas dois trabalhos no Brasil, entre os pesquisados, se dedicaram a estudar os riscos envolvidos na implantação do pomar, que envolvem, além do risco de produção, também o risco de preços – risco associado com a rentabilidade do negócio.

Azevedo Filho (1988) desenvolveu dois sistemas de programas computacionais para a análise econômica de projetos em condições deterministas e de risco para um pomar de laranja no estado de São Paulo. As médias das Taxas Internas de Retorno - TIR encontradas foram de 19% e 18%, considerando-se a doença conhecida como declínio dos citros. O objetivo desse trabalho foi desenvolver sistemas computacionais que pudessem dar suporte a tomada de decisão na escolha de projetos de investimento.

Paes e Esperancini (2006) desenvolveram um modelo para fins de previsão do lucro operacional da citricultura na região sul paulista, sob condições de risco, para três densidades de plantio. As variáveis críticas (fatores de risco) consideradas foram preço da laranja, produtividade

e custos de produção. Os resultados obtidos, com base em estimativas para o ano 2005, mostraram que pomares mais adensados podem proporcionar maior lucratividade, considerando-se o mesmo nível de risco, quando comparados com pomares menos adensados.

Para o cálculo do risco/retorno da atividade, nesta tese, optou-se por utilizar o método do VPL. O VPL é a medida de rentabilidade mais consistente na área de viabilidade de projetos de investimento de longo prazo. Para o caso da citricultura, o método do VPL foi aplicado por Muraro e Malugen (2006). Os autores se basearam na comparação do valor presente líquido de alguns pomares situados na Flórida, para diferentes cenários em termos de contaminação por cancro cítrico e *greening*, com o objetivo de determinar a relação entre preços e lucratividade da citricultura para pomares jovens e adultos, além de verificar os efeitos da presença do cancro e do *greening* sobre os retornos dos investimentos na citricultura norte americana.

3 METODOLOGIA

3.1 Algumas medidas de risco

Vermeulen (1994) sugere que o desempenho da empresa é função direta de sua sensibilidade a mudanças inesperadas nos fatores de risco. Esse autor desenvolveu um modelo para medir a exposição da empresa a esses fatores. Para estimar o modelo, em que a variável dependente é o fluxo de caixa e as explicativas são os fatores que compõem o fluxo de caixa da empresa, que é influenciado pelas características próprias das empresas e pelo setor de atuação, o autor considerou as características de N firmas cujas informações foram coletadas durante T anos - abordagem econométrica conhecida como painel - e os valores dos fatores de risco coletados durante T anos. A exposição total da empresa é dada pela multiplicação dos coeficientes estimados para cada característica das empresas e para os fatores de risco pelo valor assumido pelas características e fatores. Esse estudo sugere a utilização de cenários, simulação ou previsões econométricas dos fatores de risco para fins de previsão dos fluxos de caixa futuro da empresa de modo a obter possíveis cenários que possam gerar condições de falência para as empresas (incapacidade de pagamento das dívidas).

Shapiro e Titman (1999) propuseram um modelo de avaliação de risco para empresas não-financeiras que identificasse os vários fatores de riscos a que a empresa estivesse exposta, calculasse valores previstos para os fatores de risco sob diferentes cenários e calculasse os fluxos de caixa a serem obtidos pela empresa sob os diferentes cenários. Seguindo-se os passos indicados pelos autores obtém-se a distribuição de probabilidade da variável fluxo de caixa.

Bauman et al. (1999) indicam que o primeiro passo para um gerenciamento eficaz de riscos é o mapeamento das exposições aos fatores de risco. Segundo esses autores, coletadas as informações, o passo seguinte seria incorporar valores futuros desses fatores sob diferentes cenários, de forma a obter previsões de fluxo de caixa operacional. O último passo seria estressar (considerar valores extremos) os valores assumidos pelos fatores de risco e observar o efeito deste cenário extremo sobre o fluxo de caixa operacional da empresa.

Perobelli (2004) aponta que os procedimentos sugeridos por Vermeulen (1994), Shapiro e Titman (1999) e Bauman et al. (1999) são derivados da metodologia de cálculo do Value-at-Risk - VaR. O VaR é o percentil da distribuição de probabilidade que indica os piores resultados

esperados num horizonte de tempo t com $\alpha\%$ de probabilidade (SECURATO, 2005). Nessa metodologia, o fluxo de caixa é mapeado para identificação de seus fatores de risco e, a seguir, as distribuições dos preços ou dos retornos de cada fator de risco são escolhidas entre as estatisticamente conhecidas e a histórica. Então, as distribuições devem ser agregadas para medir a perda potencial da medida de rentabilidade da empresa. Para agregar as distribuições utiliza-se a matriz de correlação entre os fatores de risco (VaR paramétrico) ou simulações conjuntas dos choques aleatórios sofridos pelos fatores através de simulações de Monte Carlo.

No fim dos anos 1990, vários analistas apontaram para as deficiências da aplicação do VaR ao ambiente empresarial. A principal deficiência detectada reside no fato de que, para as empresas (ou unidades de negócio) o que realmente importa não são as oscilações diárias no valor de mercado de seus ativos e passivos, como no caso das instituições financeiras, mas a probabilidade de a empresa não dispor de caixa suficiente para honrar seus compromissos futuros. Assim, enquanto o VaR tem seu foco no valor da empresa, o CFaR (CashFlow-at- Risk – fluxo de caixa em risco) foca na variabilidade do fluxo de caixa da empresa.

O VaR (valor em risco) mede as possíveis perdas no valor de mercado de um portfólio no curtíssimo prazo (porque os ativos das instituições financeiras são cotados diariamente), utilizando uma replicação linear e determinística, enquanto o CFaR (fluxo de caixa em risco) busca identificar a probabilidade de a empresa não honrar seus compromissos em uma data futura – medida em meses, trimestres ou anos, por exemplo – baseando-se nas relações estatísticas entre as variáveis.

Um dos trabalhos pioneiros no cálculo do fluxo de caixa em risco foi o de Hayt e Song (1995). Esses autores sugeriram um modelo detalhado para capturar oscilações temporais das variáveis econômicas que integram o fluxo financeiro da empresa. Os autores sugeriram utilizar o *budget plan* (plano orçamentário) elaborado pela empresa para obter informações relevantes sobre o mercado consumidor e fornecedor, pagamentos programados de dívida, *leasing* e investimentos, bem como outras informações contábeis relevantes que permitam identificar relações importantes entre as oscilações nas contas do fluxo (receitas, despesas, custos) e em variáveis macroeconômicas. Para tanto, os autores sugeriram o uso de regressões para determinar as relações e de simulações de choques sobre os valores das variáveis independentes, para obter a função densidade de probabilidade do fluxo de caixa.

Em 1999, analistas da empresa *RiskMetrics Group* elaboraram o *CorporateMetricsTM Technical Document*. O foco deste documento está nos potenciais impactos de mudanças nas taxas de mercado (variação na cotação de diferentes moedas com relação ao dólar americano) sobre os resultados financeiros da empresa em um intervalo de tempo. Dentre as medidas de risco propostas no documento *CorporateMetrics* estão o *Earnings-at-Risk* - EaR, o *Earnings-per-share-at-Risk* - EPSaR e o *Cashflow-at-Risk* - CFaR (LEE, 1999).

Em 2001, a consultoria *National Economic Research Associates* - NERA propôs uma modelagem baseada na consideração de um conjunto de empresas observadas em um instante específico. A idéia de trabalhar com dados em painel para capturar as influências de características próprias das empresas sobre a probabilidade de falência das mesmas já havia sido proposta por Vermeulen em 1994. A medida proposta pela NERA foi denominada *Comparables C-FaR* e pode ser obtida diretamente da distribuição de probabilidade dos fluxos de caixa da empresa observada (STEIN et al., 2001). Depois de calculada a distribuição de probabilidades dos fluxos de caixa observados da empresa, pode-se obter várias estatísticas, tais como: os percentis de 10%, 5% ou 1% da cauda inferior dessa distribuição. De posse dos valores do fluxo de caixa associados ao percentil escolhido ($\alpha\%$) da distribuição de probabilidades é possível responder questões do tipo: Qual o percentual de queda máximo no fluxo de caixa esperado que a empresa pode experimentar no horizonte t com $\alpha\%$ de probabilidade?

As novas medidas de risco – CFaR, EaR, EPSaR e Profits-at-Risk - PaR foram desenvolvidas a partir do conceito teórico VaR, incorporando em suas análises modelos não-lineares.

O valor em risco (*Value at risk* - VaR) na análise de projetos de investimento pode mensurar a relação entre o risco e o retorno do projeto, sendo um modelo para estimar o pior valor de uma possível perda de capital. O resultado do VaR pode ser maior ou menor que a capacidade de absorção de perda de capital da empresa. Sendo menor, isso significa que o projeto apresenta uma viabilidade econômica financeira. Assim, a realização de um projeto de investimento pode ser suportável sobre os principais aspectos econômicos. Todavia, se o resultado do VaR for maior que a capacidade financeira, este demonstra a não suportabilidade sobre os aspectos econômicos financeiros. Logo, a identificação do valor em risco em projetos de investimento ultrapassa a limitação das técnicas tradicionais, que não fornecem a perda máxima esperada no projeto de investimento (QUEIROZ, 2001).

Para a empresa, cooperativa ou produtor rural, mesmo que produza um único produto, o risco do negócio não pode ser calculado considerando-se apenas a volatilidade do preço do produto ou bem produzido, mas, deve-se considerar outras variáveis que possam afetar o resultado econômico/financeiro da unidade de negócio como, por exemplo: taxa de câmbio (caso o produto seja exportado), preços dos insumos utilizados no processo de produção, produtividade (variável ao longo do tempo), preço do produto, etc., ou seja, todas as variáveis que possam afetar receitas e custos do negócio. Nota-se que algumas dessas variáveis têm volatilidade diária enquanto outras variam em prazos mais longos, como é o caso da produtividade. Outro fator a se considerar é que essas variáveis (fatores de risco) podem ser correlacionadas, e, algumas são determinadas simultaneamente como no caso do preço do bem e da sua quantidade que dependem das condições de oferta e demanda do mercado em questão. Os modelos construídos através das variáveis do fluxo de caixa (CFaR, EaR, etc.) centram-se na variabilidade do fluxo de caixa, sendo que uma variação no fluxo implica diretamente variação do valor presente do investimento e, portanto, no retorno da atividade. Esses modelos permitem à empresa agrícola a mensuração do risco inerente ao fluxo de caixa podendo-se incluir riscos advindos de outras variáveis, não necessariamente financeiras. Um exemplo é o risco de demanda, que pode ser contemplado por meio da modelagem da forma como esta se relaciona com outras variáveis do sistema, como câmbio, ou mediante a modelagem da elasticidade preço-demanda que é obtida pela relação entre preço e quantidade demandada.

Na área de pesquisa acadêmica, no Brasil, poucos trabalhos se dedicaram, até agora, a desenvolver modelos para o gerenciamento de riscos para empresas não-financeiras. Dentre os poucos trabalhos está o de Perobelli e Securato (2005) que desenvolveram um modelo para medir o fluxo de caixa em risco das empresas distribuidoras de energia elétrica - C-FaR. Os autores utilizaram a técnica de painel, para a identificação dos fatores de risco e exposição das empresas, combinada com o uso de modelos de Auto-regressão Vetorial - VAR, para a estimação do comportamento dos fatores de risco e para obter a matriz de variâncias e covariâncias do sistema.

Varanda Neto (2005) utilizou a medida CFaR para mensurar o risco num estudo de caso para a empresa geradora de energia AES Tietê S/A. Os fatores de risco foram considerados como variáveis aleatórias e foram simulados pelo Método de Monte Carlo - SMC.

Se há escassez de estudos sobre riscos no ambiente empresarial brasileiro, no setor agropecuário parecem inexistir estudos para identificar e mensurar os riscos a que produtores,

cooperativas e empresas do agronegócio estão expostos. O curioso é verificar que, se por um lado, pouco tem sido feito em termos de pesquisa acadêmica, por outro, existe muita preocupação quanto ao resultado apresentado no final da safra pela empresa ou unidade de negócio do setor agrícola e também com a possível falta de dinheiro em caixa para honrar compromissos futuros e liquidar parcelas da dívida em vencimento (ABUSSAMRA, 2008). Assim, a empresa do agronegócio, cooperativa ou produtor rural (neste trabalho utiliza-se a definição unidade de negócio para tratar de empresas ligadas ao agronegócio, inclusive o produtor rural) têm uma preocupação muito grande quanto à variabilidade de seus fluxos futuros de caixa. Através da análise do fluxo de caixa da unidade de negócio agrícola pode-se medir qualquer tipo de resultado financeiro em risco, seja uma variável relativa à entrada de caixa, receita líquida operacional ou lucro econômico.

3.2 Referencial teórico

A função de utilidade do investidor considera o resultado financeiro (riqueza gerada pelo investimento) em termos de unidades de utilidade, considerando toda a gama de cenários possíveis. O objetivo do investidor é maximizar a utilidade esperada do retorno do investimento ($E[U(R)]$), com a função de utilidade descrevendo sua reação ao risco (avesso, neutro ou propenso).

A função de utilidade esperada ficou conhecida como função de utilidade *Von Neumann-Morgenstern*. A hipótese da utilidade esperada parte do pressuposto de que as pessoas são avessas ao risco, ou seja, não estão dispostas a apostar nos “jogos justos” (*fair games*), o que significa trocar uma riqueza sem risco por um prêmio esperado de mesmo valor, porém, com risco. A principal implicação da hipótese da utilidade esperada é que a satisfação (utilidade) dos agentes não é uma função do valor que eles esperam ter da riqueza (W) em um dado momento ($U[E(W)]$), mas, sim, do quanto eles esperam usufruir (utilidade) dessa riqueza ($E[U(W)]$).

Pressupondo que uma pessoa é avessa ao risco, quanto maior for o risco a que sua riqueza está sujeita menor é a sua satisfação, pois sua expectativa de usufruir da riqueza diminui, mesmo que o valor esperado (médio) da riqueza não se altere. A principal característica do indivíduo avesso ao risco é ser mais sensível a perdas do que a ganhos. Assim, para uma variação positiva na renda de x unidades monetárias, o ganho de utilidade desse indivíduo será menor, em módulo,

do que o decréscimo de utilidade resultante de uma variação negativa de mesma magnitude de renda – $E[U(W)] < U[E(W)]$. A explicação matemática para esse comportamento deve-se a concavidade da função de utilidade que possui segunda derivada negativa, assim, o benefício marginal da utilidade é decrescente. Em outras palavras, a utilidade da riqueza deve ser sempre crescente, pois “quanto maior riqueza melhor”, com a utilidade crescendo a taxas decrescentes na medida em que a riqueza aumenta - $U'(W) > 0$ e $U''(W) < 0$.

O investidor neutro ao risco possui função de utilidade linear, com a primeira derivada constante. Assim, variações positivas e negativas de mesma magnitude proporcionam variações idênticas de utilidade - $E[U(W)] = U[E(W)]$.

O investidor propenso ao risco possui função de utilidade convexa, ou seja, a segunda derivada aumenta conforme a renda cresce. O indivíduo propenso ao risco possui comportamento contrário ao indivíduo avesso ao risco valorizando mais os ganhos de renda.

O VPL é a medida de rentabilidade (retorno) de um investimento ou a medida de riqueza que o investimento gera ao investidor. O valor presente é a medida mais consistente para medir o poder aquisitivo de uma dotação de dinheiro ao longo do tempo, além de ser a única forma correta de converter em unidades monetárias de hoje certo fluxo de pagamentos³. Uma dotação de riqueza com valor presente maior domina uma dotação com valor presente menor - “quanto mais riqueza melhor”. O conceito de valor presente fornece uma forma alternativa de expressar o orçamento para um problema de consumo em dois ou mais períodos. Assim, em casos de decisões intertemporais, há o princípio de que, se o investidor (consumidor) puder emprestar e tomar emprestado a uma taxa de juros constante, então, entre dois padrões de riqueza o investidor sempre preferirá a dotação de riqueza com valor presente maior (o investidor sempre prefere o investimento que proporciona o maior VPL - baseado no princípio da maximização intertemporal do consumidor).

A Figura 1 ilustra a solução do problema de maximização intertemporal – com dois períodos - da utilidade do agente avesso ao risco com $U(W)$ representando a função de indiferença da utilidade do investidor avesso ao risco e a reta orçamentária representando a dotação de riqueza (fluxo de renda gerado pelo método do valor presente) para dois períodos. O eixo vertical W_0 representa todas as possíveis dotações de riqueza no período 0 e o eixo

³ Varian (2003).

horizontal W_1 representa todas as possíveis dotações de riqueza para o período 1. W_0^* e W_1^* são as dotações correntes em cada período. OZ representa o VPL dessas riquezas, com W_1 convertido para o período inicial à taxa de desconto r que determina a inclinação da reta XZ , tal que $\frac{OX}{OZ} = 1 + r$. Dessa forma, a riqueza W_1^* a ocorrer no segundo período converte-se num adicional de riqueza W_0^*Z no período 0. O padrão de consumo ótimo será dado pelo par $(C_0^\#, C_1^\#)$, significando que $W_0^* - C_0^\#$ será poupado em 0 e convertido em $C_1^\# - W_1^*$ no período 1. Ao investidor interessado em maximizar sua utilidade intertemporal cabe escolher a combinação esperada de riquezas (W_0, W_1) que resulta no maior VPL para dada r . Feito isso, poderá conceder empréstimo (poupar) ou tomar emprestado (consumir) de forma a alcançar o padrão de consumo que maximize a utilidade esperada.

Figura 1 - Solução para o problema de maximização intertemporal da utilidade do agente avesso ao risco

Fonte: Baseado em Varian (2003) e Nickolson (2002)

3.3 Procedimentos metodológicos

A sistemática de solução do problema está baseada nas publicações *CorporateMetricsTM Technical Document* (LEE, 1999) e *LongRun Technical Document* (KIM; MALZ; MINA, 1999) - artigos técnicos publicados pelo *RiskMetrics Group* em 1999. O *CorporateMetricsTM Technical Document* (LEE, 1999) é um material com definições, metodologias, dados e software para calcular risco num ambiente corporativo ou empresarial. Nessa publicação são propostas as seguintes medidas de risco: *Earnings-at-Risk* - EaR, *Earnings-Per-Share-at-Risk* - EPSaR e o *CashFlow-at-Risk* - CFaR. O CFaR é uma medida de fluxo de caixa em risco e, também, uma adaptação do conceito VaR para mensurar risco em um ambiente empresarial considerando-se um dado intervalo de tempo t e sob uma probabilidade $\alpha\%$ pré determinada.

O desenvolvimento do documento *CorporateMetricsTM* esteve focado nos potenciais impactos de mudanças nas taxas de mercado (diferentes taxas de câmbio) sobre o resultado financeiro da empresa em um intervalo de tempo (t) relativos a uma meta previamente definida. Embora nesta publicação os autores reconheçam a importância de se incorporar os fatores de risco próprios do negócio (variáveis capazes de afetar a demanda pelos produtos, a oferta dos insumos e a posição da unidade de negócio no mercado), esses fatores de risco não foram incorporados na análise.

Baseado no documento *CorporateMetricsTM* este trabalho propões-se a seguir os passos descritos abaixo:

1. Especificação dos parâmetros para os quais se estabelecerão os graus de risco: VPL e Deficiência anual de Caixa (DC), por exemplo;
2. Identificação dos componentes (ou fatores de risco) e determinação dos impactos de alterações desses componentes sobre os parâmetros escolhidos;
3. Geração de um grande número de cenários, através da simulação dos fatores de risco, com diferentes possíveis valores do fluxo no tempo associados aos diferentes valores dos fatores de risco. Para gerar tais cenários necessita-se:

- a) estimar o comportamento dos fatores de risco ao longo do tempo e escolher a distribuição conjunta de probabilidade para cada um deles; nesse passo, os autores sugerem o uso de modelos auto-regressivos ou de auto-regressão vetorial (VAR) e;
 - b) gerar cenários via sorteios sucessivos e indexados no tempo de valores pertencentes à distribuição escolhida para cada fator de risco. Assim, um cenário pode ser definido por uma sequência temporal de sorteios e um conjunto de cenários por um conjunto de sequências temporais de sorteios para os fatores de risco.
4. Calcular o VPL e o fluxo de caixa esperados para cada cenário sorteado;
 5. Montar a distribuição do VPL e do fluxo de caixa (valor futuro esperado) gerados e calcular a estatística de interesse (quantil associado ao percentil escolhido).

Este procedimento para definir a distribuição dos valores futuros do resultado financeiro da empresa foi definido como *Simulation-Based Approach*.

O detalhamento da metodologia apresentada no *CorporateMetricsTM* foi desenvolvido num documento à parte, o *LongRun Technical Document*. Os autores sugerem que a estimação dos fatores de risco deve ser feita por modelos auto-regressivos para considerar, o mais corretamente possível, a evolução dessas variáveis ao longo do tempo e que sejam consistentes com teorias econômicas relevantes. O modelo VAR produz as médias (previsões) para os fatores de risco e as variâncias e covariâncias dos erros de previsão. Trata-se de um modelo dinâmico e nas suas previsões os valores defasados da variável dependente e de todas as variáveis explicativas consideradas no modelo são estimadas e incorporadas nas previsões, ou seja, nas previsões do modelo VAR as relações temporais e seccionais entre as variáveis são incorporadas nas estimativas dos valores futuros. Escolhido o modelo VAR de previsão há que se construir cenários ou realizar simulações para os fatores de risco ao longo do horizonte de previsão. Para a realização das simulações utiliza-se o método de Monte Carlo. Kim, Malz e Mina (1999) detalharam os procedimentos econométricos para a previsão e geração dos cenários necessários para o cálculo das medidas de risco.

Em economia os modelos auto-regressivos - AR são extensivamente utilizados para fins de estimação e previsão. Num processo (modelo) auto-regressivo o valor corrente da série é explicado pelos próprios valores passados mais um termo de erro aleatório. Nos modelos VAR cada variável (fator de risco) depende dos valores passados da própria variável e dos valores correntes e passados de todas as variáveis consideradas no sistema (co-movimentos). Assim, utilizando-se o VAR é possível obter a previsão conjunta dos valores futuros para todas as variáveis do sistema considerando-se as relações cruzadas (correlações) entre todos os fatores de risco.

As séries econômicas e financeiras, em geral, não são estáveis (estacionárias) ao longo do tempo, apresentando média e variância que não são constantes. Portanto, com o interesse de se obter boas previsões, se necessário, essas séries podem passar por transformações (diferenciações) para que se tornem estacionárias (isto é, com média e variância constantes). O modelo de Correção de Erro - VEC é utilizado em modelos multivariados para séries não estacionárias de mesma ordem e co-integradas. Se as séries são co-integradas, existe um equilíbrio de longo prazo estável entre elas e pode-se utilizar essa estabilidade de longo prazo dos co-movimentos para fins de modelagem e previsão evitando que as séries adotem um comportamento explosivo. Essa relação de co-integração produz um mecanismo de correção de erro conhecido como Modelo de Correção de Erro (*Error Correction Models* – ECM). Portanto, fazendo-se uso de fundamentos macroeconômicos entre as variáveis e sua relação de co-integração de longo prazo pode-se construir um modelo de VAR com correção de erro que ficou conhecido na literatura como Vetor de Correção de Erro - VEC ou, como sugerem os autores do *LongRun*, modelo Vetor de Correção de Erro - VECM.

As previsões produzidas pelos modelos econométricos e pelas séries de tempo refletem as propriedades do período histórico utilizado na estimativa dos parâmetros. Muitas vezes, a série utilizada pode ser muito curta para representar um regime econômico futuro (política monetária ou ciclo econômico, por exemplo) ou muito longa, podendo conter diferentes regimes macroeconômicos em uma mesma amostra. Neste caso há que se considerar no modelo mudanças de regime ou quebras estruturais utilizando-se modelos apropriados para capturar tais alterações para não confundi-las com instabilidade na série. É importante salientar também que as séries de preços agropecuários, tanto quanto as séries econômicas, apresentam sazonalidade; assim,

quando estatisticamente significativa, essa sazonalidade precisa ser considerada no modelo de previsão.

3.3.1 O modelo de Auto-Regressão Vetorial - VAR de previsão

Para definir o modelo de previsão (VAR ou VEC) a ser utilizado, é necessário testar a estacionariedade (raiz unitária) das séries.

Sabe-se que o processo gerador das séries de tempo é estacionário se suas características não se alteram com o tempo. Assim, um processo y_t será estacionário se possuir média e variância constantes ao longo do tempo e a covariância entre os valores da série depender apenas da distância de tempo que separa os dois valores e não dos tempos reais em que as variáveis são observadas. Temos, então, das fórmulas (1), (2) e (3) que:

$$E(y_t) = \mu \quad \text{Média Constante} \quad (1)$$

$$Var(y_t) = \sigma^2 \quad \text{Variância constante} \quad (2)$$

$$Cov(y_t, y_{t+s}) = Cov(y_t, y_{t-s}) \quad \text{Covariância depende de s e não de t} \quad (3)$$

Nos processos estocásticos estacionários os choques são necessariamente temporários. Assim, seus efeitos se dissipam rapidamente ao longo do tempo. O teste de hipótese realizado para testar a estacionariedade das séries foi baseado nas distribuições que constam de Dickey e Fuller (1979), Dickey e Fuller (1981), Fuller (1976) e Enders (2004).

Considerando-se a regressão: $y_t = a_0 + a_1 x_t + e_t$, deve-se testar se ambas as séries $\{y_t\}$ e $\{x_t\}$ são estacionárias. Quando ambas variáveis são estacionárias, o modelo clássico de regressão é apropriado.

Segundo Enders (2004), ao se estimar uma regressão, quatro casos devem ser considerados:

- 1) Ambas as séries $\{y_t\}$ e $\{x_t\}$ são estacionárias: o modelo clássico de regressão é apropriado;
- 2) As seqüências não estacionárias $\{y_t\}$ e $\{x_t\}$ são integradas de diferentes ordens: a regressão não terá sentido, pois, a seqüência de resíduos $\{e_t\}$ será não-estacionária;

- 3) As seqüências não estacionárias $\{y_t\}$ e $\{x_t\}$ são integradas de ordem unitária e a seqüência de resíduos $\{et\}$ contém uma tendência estocástica: trata-se de uma regressão espúria. Neste caso, é recomendado que a regressão seja estimada em primeiras diferenças para que elas se tornem estacionárias, sendo as hipóteses usuais aplicáveis. No entanto, se uma das séries tiver tendência determinística e a outra estocástica, a primeira diferenciação de cada não é apropriada;
- 4) As seqüências não estacionárias $\{y_t\}$ e $\{x_t\}$ são integradas de mesma ordem e a seqüência de resíduos é estacionária. Nestas circunstâncias, $\{y_t\}$ e $\{x_t\}$ são co-integradas.

Portanto, a estacionariedade das variáveis consideradas deve ser previamente verificada, a fim de que as séries relacionadas no modelo estejam corretamente especificadas e o resultado tenha significado.

O teste de raiz unitária tem por objetivo averiguar a estacionariedade das séries temporais. Caso a variável não seja estacionária, de forma geral, diferenciando-a certo número de vezes, ela tornar-se-á estacionária. O número de vezes que a série deve ser diferenciada é a ordem de integração dessa variável.

Baseando-se no procedimento proposto por Enders (2004) para testar a presença de raiz unitária, toma-se a seguinte equação e descrevem-se os passos necessários para o teste:

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Passo 1: como mostra-se na Figura 2, inicia-se ajustando o modelo menos restritivo (geralmente incluindo tendência e constante) utilizando a estatística τ_γ para testar a hipótese nula $\gamma = 0$. Testes de raiz unitária têm pouco poder para rejeitar a hipótese nula; assim, se a hipótese nula de uma raiz unitária é rejeitada, não há necessidade de prosseguir. Conclui-se que a seqüência de $\{y_t\}$ não contém raiz unitária.

Passo 2: se a hipótese nula não é rejeitada, é necessário determinar se foram incluídos regressores determinísticos a mais no passo 1 acima. Testa-se a significância da variável tendência sob a nulidade da raiz unitária (utiliza-se a estatística τ_{β_T} para testar a significância de a_2). Deve-se tentar confirmar este resultado testando a hipótese $a_2 = \gamma = 0$ usando a estatística Φ_3 . Se a tendência não for significativa, segue-se para o passo 3. Caso contrário, se a tendência for significativa, é preciso testar novamente a presença de raiz unitária ($\gamma = 0$) usando a distribuição padronizada. Depois disso, se for concluído que a tendência foi indevidamente incluída na equação estimada, a distribuição limite de a_2 é a normal padronizada. Se a hipótese nula de raiz unitária é rejeitada, conclui-se que $\{y_t\}$ não contém uma raiz unitária. Se a hipótese nula não for rejeitada, conclui-se que $\{y_t\}$ tem uma raiz unitária.

Passo 3: estima-se a equação (4) sem o termo tendência. Testa-se para a presença de raiz unitária usando a estatística τ_μ . Se a hipótese nula for rejeitada, conclui-se que o modelo não contém uma raiz unitária. Se a hipótese nula de uma raiz unitária não for rejeitada, verifica-se a significância da constante (usa-se a estatística τ_{a_0} para testar a significância de a_0 , dado $\gamma = 0$). A confirmação adicional deste resultado pode ser obtido testando a hipótese $a_0 = \gamma = 0$ usando a estatística Φ_1 . Se a constante não é significativa, estima-se uma equação na forma

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \text{ e procede-se ao passo 4. Se a constante é significativa,}$$

testa-se a presença de raiz unitária, usando a distribuição normal. Se a hipótese nula de existência de raiz unitária é rejeitada, conclui-se que a seqüência de $\{y_t\}$ não contém raiz unitária. Caso contrário, conclui-se que a seqüência $\{y_t\}$ contém uma raiz unitária.

Passo 4: estima-se a equação (4) sem tendência ou constante, ou seja, estima-se um modelo na forma apresentada no passo 3. Usa-se a estatística τ para testar a presença de raiz unitária. Se a hipótese nula de existência de raiz unitária for rejeitada, conclui-se que a seqüência $\{y_t\}$ não tem raiz unitária. Caso contrário, a seqüência $\{y_t\}$ contém uma raiz unitária.

Pode-se notar que o coeficiente de interesse para se testar a estacionariedade da série é γ ; se $\gamma=0$, a equação está inteiramente na primeira diferença de modo que há uma raiz unitária, caso $\gamma < 1$ o processo é estacionário.

Figura 2 - Procedimentos para testar a existência de raiz unitária

Fonte: Enders (2004)

Para auxiliar a identificação da estacionariedade das séries e dos termos auto-regressivos (número de defasagens) as funções de auto-correlação e auto-correlação parcial podem e devem ser utilizadas. Para se determinar o p - ordem do processo regressivo que descreve o comportamento da série temporal - alguns critérios como de Akaike (*Akaike Information Criterion* – AIC) e Schwarz (*Schwartz Bayesian Criterion* – SBC) também podem ser utilizados. Os critérios AIC e SBC são definidos como:

$$AIC = T \ln(sqr) + 2n \quad (5)$$

$$SBC = T \ln(sqr) + n \ln(T) \quad (6)$$

Além destes dois critérios utiliza-se também a estatística Q de Ljung e Box (1978) para verificar a existência de auto-correlação serial. A estatística Q é representada pela equação (7):

$$Q = T(T + 2) \sum_{k=1}^s r_k^2 / (T - k) \quad (7)$$

Nas equações (5), (6) e (7) n é o número de parâmetros estimados, T é o número de observações usáveis, sqr é a soma do quadrado dos resíduos do modelo com defasagem p , r_k é a auto-correlação para a defasagem k e s é o número de defasagens a serem testadas.

Definido a ordem de integração das variáveis o próximo passo é definir qual modelo será mais apropriado – VAR ou VEC.

Um modelo VAR descreve os movimentos dinâmicos das variáveis endógenas através de seus próprios valores passados e dos valores passados de todas as variáveis consideradas no sistema. Pode-se expressar um sistema simples (bivariado de ordem 1) da seguinte forma (ENDERS, 2004):

$$y_t = b_{10} + b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (8)$$

$$z_t = b_{20} + b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (9)$$

Pressupõe-se que y_t e z_t são estacionários; ε_{yt} e ε_{zt} são distúrbios do tipo ruído branco com erro-padrão de σ_y e σ_z ; e que a sequência $\{\varepsilon_{yt}\}$ e $\{\varepsilon_{zt}\}$ são distúrbios não-correlacionados do tipo ruído branco.

As equações (8) e (9) são a forma estrutural do VAR, em que y_t tem efeito contemporâneo em z_t e z_t tem efeito contemporâneo em y_t . É possível transformar o sistema de equações usando-se álgebra matricial numa forma mais compacta – equação (10):

$$\begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (10)$$

ou,

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

B é conhecida como matriz de relações contemporâneas. Pré-multiplicando por B^{-1} , obtém-se o VAR na forma reduzida:

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t \quad (12)$$

Na forma de equações tem-se:

$$y_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad (13)$$

$$z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad (14)$$

As equações (15), (16) e (17) definem as matrizes A_0, A_1, e_t :

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0 = B^{-1} \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$A_1 = B^{-1}\Gamma_1 = B^{-1} \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$e_t = B^{-1}\varepsilon_t = B^{-1} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Os resíduos do VAR na forma reduzida incorporam as relações contemporâneas e pode-se escrever e_{1t} e e_{2t} como:

$$e_{1t} = \frac{(\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})}{(1 - b_{12}b_{21})} \quad (18)$$

$$e_{2t} = \frac{(\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt})}{(1 - b_{12}b_{21})} \quad (19)$$

Não é possível identificar todos os parâmetros do modelo estrutural através da estimação deste VAR, pois, as equações (13) e (14) levam à estimativa de seis coeficientes $(a_{10}, a_{20}, a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22})$ além de $\text{var}(e_{1t})$, $\text{var}(e_{2t})$ e $\text{cov}(e_{1t}, e_{2t})$. Há, portanto, nove parâmetros estimados, enquanto que no sistema estrutural há 10 parâmetros a estimar, que são os coeficientes $(b_{10}, b_{20}, \gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{21}, \gamma_{22}, b_{12}, b_{21})$ e os erros-padrão σ_y e σ_z .

Um meio de identificar o modelo é utilizar um sistema recursivo proposto por Sims (1980), através de restrições na matriz de relações contemporâneas. Por exemplo, Enders (2004) impõe a restrição $b_{21} = 0$ de forma que as equações (18) e (19) tornam-se:

$$e_{1t} = \varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt} \quad (20)$$

$$e_{2t} = \varepsilon_{zt} \quad (21)$$

Ao utilizar este recurso, impõe-se que y_t não afeta contemporaneamente z_t . A equação (20) indica que choques ε_{yt} e ε_{zt} afetam contemporaneamente y_t , porém, pela equação (21), observa-se que somente o choque ε_{zt} afeta z_t . Com essa restrição ($b_{21} = 0$), a decomposição dos resíduos torna-se uma matriz triangular conhecida como Decomposição de Choleski. Para generalizar esse resultado, num modelo VAR com n variáveis, a identificação exata exige que $(n^2 - n)/2$ restrições sejam impostas na forma estrutural. Uma alternativa à decomposição de Choleski é utilizar a teoria econômica, pois, a função impulso-resposta e a decomposição da variância do erro de previsão quando resultantes de identificação imprópria podem ter resultados equivocados. Para contornar este problema, Sims (1986) e Bernanke (1986) propuseram modelar as inovações utilizando-se análise econômica. A técnica de impor restrições utilizando-se análise econômica ficou conhecida como VAR estrutural.

Como produto do modelo VAR têm-se a função de impulso-resposta e a decomposição da variância do erro de previsão. A função impulso-resposta do modelo VAR é escrita a partir de uma representação média-móvel em que as variáveis y_t e z_t são expressas em termos dos valores correntes e passados de e_{yt} e e_{zt} permitindo que seja traçado o caminho (impacto) de vários choques sobre as variáveis do sistema. Através da decomposição da variância é possível conhecer a proporção dos movimentos na série $\{y_t\}$ devido ao seu próprio choque ε_{yt} ou ao choque na outra variável ε_{zt} . E ainda, se o choque em ε_{zt} não explicar em nada a variância do erro de previsão para a sequência $\{y_t\}$ em qualquer que seja o horizonte de previsão, diz-se que a sequência $\{y_t\}$ é exógena, ou seja, $\{y_t\}$ evolui independentemente dos choques ε_{zt} e da sequência $\{z_t\}$.

A importância da análise de co-integração surge de seu uso em séries não estacionárias, pois, ao remover a tendência da série (pela diferenciação) elementos de longo prazo entre as variáveis são eliminados. Se duas séries possuem uma relação de equilíbrio de longo prazo, mesmo que possuam tendências estocásticas, elas irão mover-se juntas no tempo e a diferença entre elas será estável. Para os casos de estimação de VAR contendo variáveis não estacionárias, é possível que haja combinações lineares estacionárias para variáveis integradas de mesma ordem, ou seja, relações de equilíbrio de longo prazo que devem ser incluídas no modelo para evitar erros de estimação. Portanto, pode-se utilizar a estabilidade de longo prazo dos co-

movimentos entre as séries para fins de modelagem e previsão. Esses co-movimentos (co-integração) geram um Mecanismo de Correção de Erros (ECM) dos desvios aleatórios de curto prazo que precisa ser incluído no modelo. O novo modelo a ser estimado é um modelo VAR com Correção de Erro ou VEC.

O “melhor modelo”, a ser escolhido, deve minimizar a soma dos quadrados dos erros de previsão e também ser parcimonioso com relação ao número de regressores a serem estimados. Dentre os critérios mais conhecidos estão os de Akaike Information Criteria – AIC e o Schwarz Criterion - SBC.

Considerem-se duas séries x_{1t} e x_{2t} não estacionárias, isto é, processos estocásticos com realização independente e sem tendência de retorno ao ponto inicial (*random walks*). Assim sendo, qualquer tentativa de prever seus valores futuros utilizando os valores passados das séries será sem significado – equações (22) e (23):

$$x_{1t} = x_{1t-1} + e_{1t} \quad (22)$$

$$x_{2t} = x_{2t-1} + e_{2t} \quad (23)$$

Contudo, se existir uma relação estável de longo prazo entre x_{1t} e x_{2t} (as séries são integradas de mesma ordem e co-integradas) a diferença entre elas será estável. Essa diferença, que pode ser representada por: $z_t = x_{1t} - x_{2t}$, define uma combinação linear estacionária entre essas duas variáveis. Esse é um exemplo simples de um sistema de co-integração onde a relação de co-integração é definida por uma combinação linear estacionária e pode ser representada pelo vetor

$$\beta = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}. \text{ Em notação matricial: } z_t = \beta' X_t.$$

Neste caso, β é conhecido como vetor de correção de erro ou vetor de co-integração e z_t é o mecanismo de correção de erro ou, modelo de correção de erro, que descreve a dinâmica da convergência das séries no longo prazo.

Formalmente, Engle e Granger (1987) consideraram um conjunto de variáveis econômicas (sistema) em equilíbrio de longo prazo quando – equação (24):

$$\beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt} = 0 \quad (24)$$

Na equação (25) β e X_t representam os vetores $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ e $(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$. O sistema está em equilíbrio de longo prazo quando $\beta' X_t = 0$. Os desvios do equilíbrio de longo prazo são chamados erros de equilíbrio e são representados como:

$$e_t = \beta' X_t \quad (25)$$

Uma vez que são desvios de uma relação de equilíbrio de longo prazo e, portanto, de carácter temporário, e_t é estacionário. Os componentes do vetor X_t ($x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}$) são co-integrados de ordem b, d ou $x_t \sim CI(d, b)$ se todos os componentes do vetor forem integrados de ordem d e, se existir um vetor $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ de forma que haja uma combinação linear $\beta' X_t = \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt}$ integrada de ordem $(d-b)$ em que $b > 0$, o que significa que a combinação linear resultante (z_t) tem ordem de integração menor do que as variáveis originais. Neste caso, o vetor β é chamado de vetor de co-integração. No curto prazo as variáveis co-integradas sofrem desvios da relação de longo prazo. Sem uma especificação dinâmica do modelo, não é possível determinar de que maneira ocorrerá o ajuste. Este problema seria resolvido através da aplicação de um modelo de correção de erro, de forma que o desvio do período anterior seja corrigido (ENDERS, 2004).

Num sistema composto por mais de duas séries, integradas de mesma ordem, pode-se testar co-integração utilizando-se o método proposto por Johansen (1988). Esse método é uma versão multivariada do método de Engle e Granger para a detecção de co-integração para duas variáveis e consiste na utilização de estimadores de máxima verossimilhança para testar a presença e estimar vetores de co-integração. Este procedimento está centrado na relação existente entre o posto de uma matriz π e suas raízes características.

Considere o caso de n -variáveis:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (26)$$

$$\Delta X_t = (A_1 - I) X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (27)$$

$$\Delta X_t = \pi X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (28)$$

Nas equações (26), (27) e (28) X_{t-1} e ε_t são vetores $(n \times 1)$; A_1 é a matriz de parâmetros $(n \times n)$; π é definido como $(A_1 - I)$ e I uma matriz identidade $(n \times n)$.

O posto de π é igual ao número de vetores de co-integração. Supondo que $\pi = 0$, não há combinações lineares de $\{X_{it}\}$ que sejam estacionárias e, portanto, as variáveis não são co-integradas.

Para conhecer o número de vetores de co-integração, verifica-se a significância das raízes características de π . O teste para verificar o número de raízes características que são não significativamente diferentes de zero é realizado através de duas estatísticas:

$$\lambda_{\text{traço}}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (29)$$

$$\lambda_{\text{max}}(r, r+1) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (30)$$

em que $\hat{\lambda}$ são os valores estimados das raízes características obtidos através da estimação da matriz π e T é o número de observações.

Para a verificação do número de defasagens necessárias para o modelo multi-equacional pode-se utilizar o critério AIC (KIM; MALZ; MINA, 1999, p. 114) que consiste em:

$$\text{minimizar } AIC = \left| \tilde{\Omega} \right| \exp[(2u)/T] \quad (31)$$

Na equação (31) $\tilde{\Omega}$ é a estimativa da matriz de variâncias/covariâncias do termo de erro e u é o número de parâmetros considerados.

Determinados o número de vetores de co-integração e as defasagens do modelo pode-se estimá-lo incluindo-se na estimação o mecanismo de correção de erro. O modelo deve ser escolhido de acordo com os resultados dos testes de estacionariedade e do número de relações de co-integração encontradas. Se todas as n variáveis pertencentes ao vetor X_t são estacionárias, o modelo VAR é apropriado e não há necessidade de tomar as diferenças de X_t . Por outro lado, se todas as n variáveis pertencentes ao vetor X_t são não estacionárias e não existe qualquer relação de co-integração ($h=0$, h é o número de relações de co-integração que compõem o vetor z_t) entre elas, X_t precisa ser diferenciado e, portanto, o modelo apropriado é o VAR com as séries nas diferenças ΔX_t . Os autores Kim, Malz e Mina (1999), definiram esse modelo como DVAR ou VAR diferenciado. Já se, $0 < h < n$, existem h relações de co-integração e o modelo apropriado para X_t é o VEC.

A equação (32) define algebricamente a especificação de um modelo VAR genérico:

$$X_t = \theta D + G_1 X_{t-1} + G_2 X_{t-2} + \dots + G_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (32)$$

Com:

θ = coeficiente das variáveis determinísticas D ;

$D = [d1 \ d2 \ \dots \ df]$ variáveis determinísticas tais como: constantes, tendência temporal, *dummies* sazonais, *dummies* de intervenção (para *outliers*), *dummies* de quebra estrutural e regressores considerados fixos e não estocásticos;

G_i = matriz $n \times n$ de coeficientes com elementos $g_{jk,i}$ das variáveis defasadas X_{t-i} ;

ε_t = vetor de erros independentes no tempo mais correlacionados entre si, normal e identicamente distribuído com média zero e variância Λ_t - $\varepsilon_t \sim N(0, \Lambda_t)$.

Se as variáveis são não estacionárias e existem $0 < h < n$ relações de co-integração entre elas, o modelo VAR precisa ser transformado em um modelo VEC – equação (33):

$$\Delta X_t = \theta + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \Gamma_2 \Delta X_{t-2} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta X_{t-p+1} + \Pi X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (33)$$

Na equação (33) $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$, θ é o parâmetro referente a uma constante considerada no modelo e $\Pi = \alpha\beta'$, ou seja, uma matriz com $(n \times n)$ parâmetros que pode ser fatorada em dois produtos onde:

- β' é um vetor de co-integração ($h \times n$) que representa as h relações de co-integração e a existência das n séries estacionárias transformadas - $z_t = \beta' X_t$;
- α é a matriz de parâmetros (parâmetros de ajustamento) que determinam a taxa pela qual os elementos de X_t se ajustam em resposta aos desvios defasados (Z_{t-1}) dadas as h relações de co-integração.

Para estimar os parâmetros θ , α , β e Γ os autores do *LunRun* (KIM; MALZ; MINA, 1999) sugerem o método FIML (*Full information maximum likelihood*) proposto por Hamilton (1994). Obtidas as estimativas $\hat{\theta}, \hat{\alpha}, \hat{\beta}$ e $\hat{\Gamma}_1$ (considerando-se apenas $\Delta X_t = \theta + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \alpha\beta' X_{t-1} + \varepsilon_t$ para fins de simplificação) é possível prever a distribuição do vetor X_t para j períodos à frente (X_{t+j}), com $j = 1, 2, \dots, J$. Reorganizando a equação $\Delta X_t = \theta + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \alpha\beta' X_{t-1} + \varepsilon_t$ a fim de obter as previsões tem-se:

$$\Delta X_t = \theta + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \alpha\beta' X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (34)$$

$$(X_t - X_{t-1}) = \theta + \Gamma_1 (X_{t-1} - X_{t-2}) + \alpha\beta' X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (35)$$

$$X_t = \theta - X_{t-1} + \Gamma_1 X_{t-1} - \Gamma_1 X_{t-2} + \alpha\beta' X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (36)$$

$$X_t = \theta + (I + \Gamma_1 - \alpha\beta') X_{t-1} + \Gamma_1 X_{t-2} + \varepsilon_t \quad (37)$$

$$X_t = \theta + \Psi X_{t-1} + \Gamma_1 X_{t-2} + \varepsilon_t \quad (38)$$

Ou, mais compactamente:

$$h_t = Ah_{t-1} + \tilde{\varepsilon} \quad (39)$$

Na equação (39) $h_t = \begin{bmatrix} X_t \\ X_{t-1} \\ 1 \end{bmatrix}$, $A = \begin{bmatrix} \Psi & \Gamma_1 & \theta \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ e $\tilde{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

A equação de previsão com origem no tempo t para h_{t+j} resulta em:

$$h_{t+j/t} = A^j h_t + \sum_{i=1}^j A^{j-i} \varepsilon_{t+i} \quad (40)$$

O valor esperado para $h_{t+j/t} = \hat{A}^j h_t$ e sua matriz de Variâncias/Covariâncias será dada por:

$$\hat{\Lambda}_{t+j/t} = \sum_{i=1}^j (\hat{A}')^{j-i} \hat{\Lambda}_t \hat{A}^{j-i} \quad (41)$$

Dado a pressuposição de que $\varepsilon_t \sim MVN(0, \Lambda_t)$, tem-se que a previsão h_{t+j} segue uma distribuição Normal Multivariada dada por (KIM; MALZ; MINA, 1999):

$$h_{t+j} \sim MVN(\hat{h}_{t+j/t}, \hat{\Lambda}_{t+j/t}) \quad (42)$$

Os valores médios previstos das n variáveis que compõem o vetor X_t nos j -ésimos períodos à frente $\hat{X}_{t+j}$ são dados pelos n primeiros elementos de $\hat{h}_{t+j/t}$.

3.3.2 Matriz de correlações seccionais e temporais

Quando as séries são correlacionadas, ao se tentar prever o valor futuro, essa correlação deve ser incorporada no processo de simulação, pois, um aumento, por exemplo, no valor da série hoje pode implicar um aumento no valor da outra série hoje (seccional) e também no valor das duas séries no futuro (temporal). Ao se realizar simulações para os valores das variáveis de interesse ao longo do horizonte de previsão, a matriz de variâncias e covariâncias pode ser usada para garantir que o impacto dos choques sobre as variáveis mantenha a estrutura de correlações observada entre as variáveis e entre as datas de previsão.

Como produtos do modelo VAR têm-se as médias e as variâncias das previsões para os múltiplos horizontes de tempo, mas não a matriz $\sum_x$ que define as covariâncias entre as séries e nos diferentes períodos de previsão. Portanto, não é possível obter, como produto do modelo VAR, a matriz $\sum_x$ completa. De posse da matriz $\sum_x$, que deve ser positiva definida ou ao menos positiva semi-definida e das médias (previsões) obtidas com o modelo VAR pode-se utilizar o método de simulação de Monte Carlo para obter simulações para todos os fatores de risco em diferentes datas de previsão. Quando necessita-se gerar variáveis aleatórias simultaneamente que possuam correlações entre si, utiliza-se a decomposição de Cholesky (matriz triangular inferior) para garantir que a geração de sequências aleatórias respeite a estrutura de correlações entre as variáveis. No capítulo cinco da publicação *LongRun Technical Document* (KIM; MALZ; MINA, 1999) os analistas do *RiskMetrics Group* propuseram um método para o cálculo da matriz de variâncias e covariâncias entre as séries que considera, além das correlações entre as variáveis, também a correlação temporal entre as séries (fatores de risco) nas diferentes datas da previsão. Os autores pressupuseram que o vetor de retornos estimados (primeira diferença temporal da transformação logarítmica dos preços) siga uma distribuição normal multivariada com média $\hat{X}$ e matriz de covariância $\sum_x$ ou $X \sim MVN(\hat{X}, \sum_x)$ (KIM; MALZ; MINA, 1999).

Considerando-se as correlações temporais e seccionais a matriz $\sum_x$ fica decomposta em:

$$\sum_X = \begin{bmatrix} \sum_{11} & \sum_{12} & \cdots & \sum_{1n} \\ \sum_{12} & \sum_{22} & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ \sum_{1n} & & & \sum_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{ii} & \sum_{ij} \\ \sum_{ji} & \sum_{nn} \end{bmatrix} \quad (43)$$

Cada elemento $\sum_{ii}$, onde $0 < i \leq n$, da diagonal principal da matriz $\sum_X$ - equação 43 – é uma matriz $R \times R$ que representa as covariâncias entre retornos esperados (previstos) de um único ativo em diferentes datas de previsão (auto-covariâncias) e os elementos $\sum_{ij}$ fora da diagonal principal são matrizes $R \times R$ que representam as covariâncias entre retornos j e i (covariância cruzada). R representa o número de datas de previsão e n o número de séries para as quais a previsão do retorno foi calculada.

Considerando-se uma única série de retorno, é possível obter a variância das previsões, $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_R^2$, para as datas $t+1, t+2, \dots, t+R$. Seja $r_{m,n}$ a previsão em $t+m$ ($t+m$ é o tempo de origem da previsão) desta série de retorno para o tempo $t+n$. A variância da previsão em $t+0$ ($n=0$) para $t+m$ será dada pela equação (44), com $m=1, 2, \dots, R$ e pode ser obtida diretamente do modelo VAR de previsão.

$$Var[r_{0,m}] = \sigma_m^2 \quad (44)$$

Para obter a correlação entre os retornos estimados para os distintos horizontes das previsões, ou seja, $Cov[r_{0,m}, r_{0,n}]$, para $m \leq n \leq R$, primeiramente é necessário considerar que os retornos são aditivos e sendo $m < k < n$ tem-se que:

$$r_{m,n} = r_{m,k} + r_{k,n} \quad (45)$$

Assim, pode-se definir a expressão para a covariância do retorno previsto para o período 1 e para o período 2 como:

$$Cov[r_{0,1}, r_{0,2}] = Cov[r_{0,1}, r_{0,1}] + Cov[r_{0,1}, r_{1,2}]$$

$$Cov[r_{0,1}, r_{0,2}] = \sigma_1^2 + Cov[r_{0,1}, r_{1,2}] \quad (46)$$

Para se obter a $Cov[r_{0,1}, r_{1,2}]$ que não foi estimada pelo modelo VAR tem-se que utilizar a inferência sobre a estimativa de σ_2^2 - equação 47:

$$\begin{aligned} \sigma_2^2 &= Var[r_{0,2}] \\ &= Var[r_{0,1}] + Var[r_{1,2}] + 2Cov[r_{0,1}, r_{1,2}] \\ &= \sigma_1^2 + Var[r_{1,2}] + 2Cov[r_{0,1}, r_{1,2}] \end{aligned} \quad (47)$$

Resolvendo-se a equação (47) para $Cov[r_{0,1}, r_{1,2}]$ e substituindo-se na equação (46), tem-se que:

$$Cov[r_{0,1}, r_{0,2}] = \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - Var[r_{1,2}]) \quad (48)$$

Para estimar $Var[r_{1,2}]$, pressupõe-se que, tratando-se de previsões para um período à frente, independente de quão distante o futuro esteja, a variância de previsão para um período será σ_1^2 . Assim, $Var[r_{1,2}] = Var[r_{0,1}] = \sigma_1^2$. Portanto:

$$Cov[r_{0,1}, r_{0,2}] = \frac{1}{2}\sigma_2^2 \quad (49)$$

Generalizando a expressão para a auto-covariância entre horizontes arbitrários, assumindo-se que, independente de quão distante o futuro venha ocorrer, a previsão para k períodos à frente, toda variância será σ_k^2 . Tem-se então, conforme descrito na equação (50) e para todo $m < n$:

$$Var[r_{m,n}] = Var[r_{0,m-n}] = \sigma_{n-m}^2 \quad (50)$$

Tem-se, então, a expressão geral para a covariância – equação (51):

$$Cov[r_{0,m}, r_{0,n}] = \frac{1}{2}(\sigma_m^2 + \sigma_n^2 + \sigma_{n-m}^2) \quad (51)$$

Segundo os autores (KIM; MALZ; MINA, 1999), para que a equação (50) atenda aos pressupostos das técnicas de previsão é necessário que $(\sigma_m - \sigma_{n-m})^2 \leq \sigma_n^2 \leq (\sigma_m + \sigma_n)^2$ para todo $m < n$. Essa restrição permite que a volatilidade se comporte como uma função linear do tempo, dado que o limite superior é definido como o produto dos desvios-padrão e o limite inferior como o valor negativo desse produto. Assim, essa restrição estabelece o intervalo em que a volatilidade se moverá, para cima ou para baixo, no tempo dado seus valores prévios. A matriz $\sum_{ii}$ para R datas de previsão para a série de retorno será:

$$\sum_{ii} = Cov \begin{bmatrix} r_{0,1} \\ r_{0,2} \\ \vdots \\ r_{0,R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \frac{1}{2}\sigma_2^2 & \dots & \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_R^2 - \sigma_{R-1}^2) \\ \frac{1}{2}\sigma_2^2 & \sigma_2^2 & \dots & \frac{1}{2}(\sigma_2^2 + \sigma_R^2 - \sigma_{R-2}^2) \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_R^2 - \sigma_{R-1}^2) & \dots & \dots & \sigma_R^2 \end{bmatrix} \quad (52)$$

Pode-se observar que os termos da diagonal principal $(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_R^2)$ podem ser retirados diretamente do modelo VAR de previsão, dessa forma, as pressuposições utilizadas para a construção da matriz $\sum_{ii}$ são consistentes com as médias e volatilidades obtidas do modelo VAR de previsão. Para completar a matriz $\sum_{xx}$ resta calcular os elementos de $\sum_{ij} = \sum_{ji}$ que representam a covariância entre as séries nas diferentes datas de previsão.

Para termos de ilustração, considere duas séries (i e j , $i \neq j$) para as quais as previsões dos retornos foram calculadas para as datas $t+1, t+2, \dots, t+R$. A previsão dos retornos e volatilidades

(desvio padrão da série de retornos) para as variáveis i e j são definidas como: $r_{m,n}^i$; $r_{m,n}^j$; $\sigma_{i1}, \dots, \sigma_{iR}$ e $\sigma_{j1}, \dots, \sigma_{jR}$ - $m < n \leq R$. A covariância entre os retornos i e j será – equação (53):

$$Cov[r_{m,n}^i, r_{m,n}^j] = \rho \sigma_{in-m} \sigma_{jn-m}, \quad \text{com } m < n \leq R \quad (53)$$

De modo a reduzir o número de parâmetros a serem estimados considera-se que a correlação cruzada entre retornos contemporâneos (previsão para o mesmo período) é constante e igual à correlação entre as variáveis. O coeficiente de correlação ρ pode ser estimado usando os retornos históricos (r) e as médias previstas ($\hat{r}$ - previsões) desses retornos, como mostrado na equação (54):

$$\rho = \frac{\sum_{k=0}^{T-1} (r_{k,K+1}^i - \hat{r}_{k,k+1}^i)(r_{k,K+1}^j - \hat{r}_{k,k+1}^j)}{\sqrt{\sum_{k=0}^{T-1} (r_{k,K+1}^i - \hat{r}_{k,k+1}^i)^2 \sum_{k=0}^{T-1} (r_{k,K+1}^j - \hat{r}_{k,k+1}^j)^2}} \quad (54)$$

Considerando-se que os retornos são aditivos, pode-se escrever a covariância entre os retornos como:

$$Cov[r_{m,n}^i, r_{m,n}^j] = Cov[r_{0,n}^i, r_{0,n}^j] + Cov[r_{0,m}^i, r_{0,m}^j] - Cov[r_{0,m}^i, r_{0,n}^j] - Cov[r_{0,n}^i, r_{0,m}^j] \quad (55)$$

Assume-se que $Cov[r_{0,m}^i, r_{0,n}^j] = Cov[r_{0,n}^i, r_{0,m}^j]$, assim, a equação (55) pode ser reescrita como:

$$Cov[r_{m,n}^i, r_{m,n}^j] = Cov[r_{0,n}^i, r_{0,n}^j] + Cov[r_{0,m}^i, r_{0,m}^j] - 2Cov[r_{0,m}^i, r_{0,n}^j] \quad (56)$$

Então, a equação (56) mostra que a covariância das previsões entre o período m o período n - ($m < n$) será:

$$Cov[r_{0,n}^i, r_{0,n}^j] = \frac{\rho}{2} (\sigma_{i_n} \sigma_{j_n} + \sigma_{i_m} \sigma_{j_m} - \sigma_{i_{n-m}} \sigma_{j_{n-m}}) \quad (57)$$

A correlação cruzada ρ entre retornos de uma mesma série para diferentes horizontes de previsão é 1. Considerando-se duas séries de retorno e R datas de previsão a matriz $\sum_{ij}$ pode ser definida como:

$$\sum_{ij} = \begin{bmatrix} \rho \sigma_{i1} \sigma_{j1} & \frac{\rho}{2} \sigma_{i2} \sigma_{j2} & \dots & \frac{\rho}{2} (\sigma_{iR} \sigma_{jR} + \sigma_{i1} \sigma_{j1} - \sigma_{i_{R-1}} \sigma_{j_{R-1}}) \\ \frac{\rho}{2} \sigma_{i2} \sigma_{j2} & \rho \sigma_{i2} \sigma_{j2} & \dots & \frac{\rho}{2} (\sigma_{iR} \sigma_{jR} + \sigma_{i2} \sigma_{j2} - \sigma_{i_{R-2}} \sigma_{j_{R-2}}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\rho}{2} (\sigma_{iR} \sigma_{jR} + \sigma_{i1} \sigma_{j1} - \sigma_{i_{R-1}} \sigma_{j_{R-1}}) & \frac{\rho}{2} (\sigma_{iR} \sigma_{jR} + \sigma_{i2} \sigma_{j2} - \sigma_{i_{R-2}} \sigma_{j_{R-2}}) & \dots & \rho \sigma_{iR} \sigma_{jR} \end{bmatrix} \quad (58)$$

A matriz $\sum_X$ sugerida pelos analistas do *RiskMetrics Group* (KIM; MALZ; MINA, 1999) não contradiz nenhuma informação contida na matriz variâncias e covariâncias do modelo VAR de previsão – equação 41 – pois, todas as informações necessárias à sua construção estão contidas nesta matriz. Dessa forma, para a construção da matriz $\sum_X$ não há necessidade de estimação adicional, mas apenas das médias e variâncias geradas pelas previsões.

Essa matriz $\sum_X$, que foi construída considerando-se as correlações seccionais e temporais, é de tamanho $(nR \times nR)$, onde, n representa o número de variáveis (previsões) contidas no vetor X e R o total de datas das previsões.

Devido à estrutura imposta na construção da matriz de covariâncias, à medida que o número de variáveis consideradas no modelo ou o horizonte de previsão aumenta fica difícil garantir que essa matriz seja positiva definida ou positiva semi-definida. Outra dificuldade para implementar essa matriz neste trabalho foi o fato de se trabalhar com previsões fora da amostra. Utilizou-se uma amostra com 168 observações para gerar 228 previsões de médias e desvios-padrão para duas séries (Taxa de crescimento dos preços da laranja e do Índice de Preços Pagos),

o que foi possível graças à estabilidade do modelo VAR – a matriz $\sum_x$, nesse caso, seria de tamanho 207.936. Outro ponto observado nas análises foi a baixa correlação entre a taxa de crescimento dos preços da laranja e do IPP.

3.3.3 Simulação de Monte Carlo

O método de Monte Carlo é uma técnica de gerar informações, utilizando-se números aleatórios, através de simulação. A simulação de Monte Carlo teve sua origem durante a Segunda Guerra Mundial, com o Projeto Manhattam, para a construção da bomba atômica com a intenção de chegar a soluções aproximadas de problemas referentes à difusão randômica de nêutrons no material nuclear, através de simulações. O nome Monte Carlo foi dado por um de seus criadores, o matemático austríaco Stanislaw Ulam, que desenvolveu o método juntamente com John Von Neumann, matemático húngaro naturalizado norte-americano, e é uma referência aos jogos de roletas nos cassinos de Mônaco. É um método baseado na utilização de números aleatórios que são sorteados para gerar resultados e as distribuições de probabilidade correspondentes.

Segundo Vose (1996), a Simulação de Monte Carlo oferece inúmeras vantagens sobre os demais métodos:

- As distribuições de probabilidades das variáveis não precisam ter exatidão, podendo-se utilizar distribuições aproximadas;
- Correlações e outras interdependências podem ser modeladas;
- O nível de matemática envolvido na simulação não é muito alto;
- Existem *softwares* comercialmente disponíveis;
- Níveis mais elevados de precisão podem ser obtidos pelo aumento do número de interações – Lei dos Grandes Números;
- Cálculos matemáticos complexos podem ser incluídos sem muita dificuldade;

- O Método de Monte Carlo é amplamente reconhecido como uma técnica válida, de modo que os resultados de sua utilização podem ser facilmente aceitos;
- Mudanças no modelo podem ser feitas rapidamente.

Na área de análise de risco em projetos de investimentos, um dos primeiros trabalhos a utilizar o método de Monte Carlo foi o trabalho desenvolvido por Hertz (1964). Neste trabalho o autor sugere que a análise deve ser feita implementando-se os seguintes passos:

1. Estimar a média dos valores de cada fator, tais como: média do preço de vendas, taxa do crescimento de vendas, e assim por diante e as probabilidades de ocorrência de cada valor dentro da distribuição – definir uma distribuição de probabilidade para cada fator de risco;
2. Selecionar da distribuição de valores, para cada fator, um valor particular, combinar os valores de todos os fatores e anotar a taxa de retorno ou do valor presente da combinação;
3. Repetir este processo para se definir e avaliar as probabilidades de ocorrência de cada possível taxa de retorno.

Os demais passos estão baseados nas repetições dos passos dois e três, quando o computador seleciona as sequências dos valores sorteados (passo 2) e calcula uma nova taxa de retorno e assim sucessivamente até que milhares taxas de retorno tenham sido calculadas. A probabilidade de ocorrência para cada extensão de taxas de retorno é acumulada para se obter um perfil de risco para o investimento proposto. O perfil de risco mostrará a chance de um ganho qualquer dado pela taxa de retorno do investimento, mostrará também o retorno máximo que poderá ser ganho e a chance de sofrer uma perda. Para Hertz (1964), uma análise de risco na área de investimentos deve ter perguntas como: Este é um bom investimento? Qual o retorno que a companhia espera obter? Quais os riscos envolvidos?

Para definir a distribuição de probabilidades dos fatores de risco geralmente atribui-se uma distribuição teórica a amostra de dados utilizando-se testes de aderência. Os testes de aderência são comparações de um conjunto de dados com distribuições específicas, de uma maneira estatística. Em cada teste se faz a hipótese de que o ajuste é bom e se calcula um teste estatístico para a comparação com um padrão (distribuição definida). Os testes de aderência mais citados na literatura são: *Quiquadrado*, *Kolmogorov Smirnov* e *Anderson Darling*. Realizar um teste de aderência significa executar um ou mais testes dos citados para as várias distribuições. Para os três testes apresentados, quanto menor o valor do teste melhor a adequação dos dados à distribuição teórica.

Segundo Damodaran (2009) a técnica de simulação é indicada quando se trabalha com variáveis que apresentam distribuições contínuas de probabilidade. Deve-se estimar a distribuição de cada variável probabilística (aleatória) na análise. Na simulação a combinação dos resultados das variáveis simuladas gera um único valor do fluxo de caixa. Gerando-se um grande número de simulações pode-se construir a distribuição para o valor do investimento que reflete a incerteza contida nas variáveis aleatórias.

3.4 Modelo empírico

O modelo empírico de simulação do risco/retorno do investimento no pomar de laranjas foi definido através da modelagem do VPL. O VPL é o resultado da diferença entre os fluxos de caixa futuros descontados à data zero pelo custo de oportunidade do capital do projeto (taxa de desconto) e o investimento inicial. Então, o VPL é uma medida de quanto o projeto renderia, em valores atuais (ano 0), a mais que uma aplicação financeira, tomada como melhor alternativa disponível ao investidor. Assim, um VPL maior que zero indica que o projeto remunera o capital investido acima da taxa de juros que mede o custo de oportunidade do capital e, dessa forma, o projeto é atrativo ao investidor.

O VPL e a Taxa Interna de Retorno - TIR são as medidas de rentabilidade mais utilizadas na área de análise de viabilidade econômica de projetos de investimento. A TIR é a taxa de desconto que faz com que o VPL de um projeto de investimento seja nulo, ou seja, é a taxa de juros que faz com que o investidor seja indiferente quanto à aplicação de seus recursos no projeto ou na melhor alternativa disponível. O produtor/investidor teria o mesmo retorno investindo no

negócio pretendido ou aplicando na opção considerada como custo de oportunidade. Dessa forma, quanto maior o VPL de um projeto de investimento maior a rentabilidade do negócio, o que o torna mais atrativo ao investidor, com a TIR indicando o rendimento anual desse projeto.

Um dos problemas apontados no uso da TIR é a existência de múltiplas taxas, que ocorre quando o fluxo de caixa muda de sinal mais de uma vez ao longo do período considerado. Embora os métodos da TIR e do VPL possam gerar as mesmas decisões, na maioria das vezes, a diferença básica entre os dois é que, enquanto o método do VPL supõe que as entradas de caixa ao longo do projeto sejam reinvestidas à taxa de oportunidade do capital (taxa de desconto), o método da TIR pressupõe que o re-investimento se dá à própria TIR. A favor da escolha do modelo do VPL está o fato de ser uma medida rentabilidade de fácil compreensão e cálculo, além de considerar o valor do dinheiro no tempo, já a TIR indica o rendimento anual (retorno) quando $VPL=0$ (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2002).

As informações necessárias para a modelagem das simulações foram os dados contidos na planilha de fluxo da caixa construída pela Associação Brasileira de Citricultores - ASSOCITRUS e por ela cedida para análise. A construção do fluxo de caixa da atividade é etapa fundamental para a análise da rentabilidade da atividade - VPL - e foi desenvolvida pelos analistas da ASSOCITRUS que possuem amplo conhecimento das atividades e custos do setor, com base nas condições de mercado do ano de 2007. Com os dados do fluxo de caixa para os dezenove anos de vida do pomar (a preços do ano 2007 – ano 0) montou-se um modelo para a simulação do VPL conforme definido na equação (59):

$$VPL = -I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} + VR \quad (59)$$

Na equação (59) I_0 é o investimento inicial; FC_j é o fluxo de caixa esperado para o ano j , que varia de 0 até n , com n representando o prazo de vida útil do projeto, no caso, 20 anos tal que $- 0 \leq j \leq 19$; VR é o valor residual do investimento em terras e construções; i é a taxa de desconto considerada para o investimento. Devido às variações da taxa real de juros ao longo do tempo, neste trabalho, foram considerados três cenários para a taxa real de desconto, de 4%, 6% e 8% ao ano.

No modelo foram simuladas taxas de crescimento para o preço da laranja e para o IPP (Índice de Preços Pagos pelo produtor que afeta os custos do setor, pois, essas são variáveis que possuem uma relação contábil com o fluxo de caixa no cálculo do VPL. Para as outras variáveis que não possuem uma relação contábil com a variável dependente (VPL), taxa de câmbio (R\$/US\$) e preço do suco concentrado congelado negociado na Bolsa de Nova York, o impacto sobre a rentabilidade do negócio foi considerado através do comportamento dos preços futuros (previsão do modelo VAR).

A distribuição empírica da produtividade não pode ser ajustada por um modelo de séries temporais. Foi necessário obter as informações sobre as diversas possibilidades para a produtividade da árvore em cada idade, essas informações foram cedidas pelos pesquisadores da Estação Experimental de Bebedouro. Assim, utilizou-se a pressuposição de independência, em que a produtividade de um produtor particular não afeta preços, pois a análise se dá ao nível de uma propriedade rural – produtor tomador de preços.

No modelo de simulação, o valor esperado do VPL é dado por:

$$E_0[VPL] = E_0 \left[-I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} + VR \right] = -I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{E_0[FC_j]}{(1+i)^j} + VR \quad (60)$$

Em que:

$$E_0[FC_j] = E_0[receita_j] - E_0[custos operacionais_j];$$

$$E_0[receita_j] = E_0[P_j * q_j] = E_0[P_j] * E_0[q_j] = \{P_0 * (1 + E_0[i_{pi}])\} * E_0[q_j];$$

$$E_0[custos operacionais_j] = \{CO_0 * (1 + E_0[i_{coj}])\};$$

Assim, considerando-se independência entre preços e produtividade $E_0[FC_j]$ fica - equação (61):

$$E_0[FC_j] = \{P_0 * (1 + E_0[i_{pi}])\} * E_0[q_j] - \{CO_0 * (1 + E_0[i_{coj}])\} \quad (61)$$

Onde: j varia de 0 até n , representando o número de anos considerados para a vida útil do investimento e; $E_0[i_{pj}]$ é a expectativa da taxa de crescimento dos preços da laranja para o ano j ; CO_0 é o valor do custo operacional calculado para o ano j a preços do ano 0; i_{coj} é a taxa de crescimento dos custos operacionais esperada para o ano j ; $E_0[q_j]$ é a expectativa formada no ano 0 da quantidade a ser produzida no ano j e P_0 é o preço da laranja considerado para o ano 0.

3.4.1 Fluxo de caixa da cultura da laranja

A estrutura do fluxo de caixa da atividade detalhada no ANEXO A está baseada em dados da safra 2008/09 e segue uma estrutura de custo da cultura da laranja para processamento industrial cedida pela ASSOCITRUS⁴.

A análise da atividade engloba atividades desde a formação do pomar até o fim do ciclo de vida da cultura. Nessa análise constam dados sobre os custos envolvidos no processo de produção como: quantidades de máquinas necessárias em todo o processo definido em número de horas máquina necessárias, gasto com mão-de-obra, impostos, óleo diesel, energia elétrica, despesas administrativas, equipamentos, benfeitorias, e coeficientes técnicos com relação à produtividade do pomar em função da idade das plantas, dentre outros.

A descrição das contas do Fluxo de Caixa da cultura da laranja para um ano qualquer está detalhada no Quadro 1. Observa-se que existem várias contas relacionando custos e receitas envolvidos na atividade.

Os componentes do fluxo de caixa que apresentam maior variabilidade (risco) são os associados aos preços dos insumos (fertilizantes e defensivos), do lado dos custos; preço da laranja com venda destinada para a indústria e produtividade da laranja, do lado da receita. Esses componentes do fluxo de caixa da atividade podem afetar a rentabilidade da cultura ao longo do tempo e ainda sofrem influência de variações em variáveis como a taxa de câmbio e preço externo do suco de laranja concentrado congelado. Embora a taxa de câmbio e o preço do suco não estejam relacionados nas contas do fluxo de caixa da atividade, ou seja, não há uma equação contábil relacionando custos e receitas da atividade com o preço do suco e a taxa de câmbio, há

⁴ ASSOCITRUS. **Estrutura de custo da cultura da laranja para processamento industrial**. Disponível em: <<http://www.associtrus.com.br/arquivos/custoASSOCITRUSmaio2008>>. Acesso em: 10 maio 2009.

grande preocupação do setor em saber qual o impacto de mudanças no câmbio e no preço do suco sobre a rentabilidade da atividade.

Discriminação
<p>Componentes do Fluxo de Caixa</p> <p>1. Custos variáveis totais</p> <p>1.1. Custos variáveis indiretos</p> <p>1.1.1. Impostos e outras contribuições</p> <p>1.1.2. Despesas administrativas</p> <p>1.1.3. Energia elétrica</p> <p>1.1.4. Salários e encargos</p> <p>1.1.5. Seguro sobre máquinas e implementos</p> <p>1.2. Custos variáveis diretos</p> <p>1.2.1. Insumos</p> <p>1.2.1.1. Acaricidas</p> <p>1.2.2. Inseticidas</p> <p>1.2.2.3. Fungicidas</p> <p>1.2.2.4. Corretivos e fertilizantes</p> <p>1.2.2.5. Mudas</p> <p>1.2.2.6. Herbicidas</p> <p>1.2.2. Manutenção de benfeitorias e equipamentos</p> <p>1.2.3. Manutenção de maquinários</p> <p>1.2.5. Manutenção de edificações e cercas</p> <p>1.2.6. Óleo diesel e combustíveis</p> <p>1.2.7. Colheita e frete da produção</p> <p>1.2.8. Pagamento a terceiros - Máquinas</p> <p>1.2.9. Pagamento a terceiros - mão de obra</p> <p>2. Receitas (quantidade de caixas vendidas* preço da caixa laranja)</p> <p>3. Resultados</p> <p>3.1. Fluxo de caixa (receita - custos variáveis)</p>

Quadro 1 - Fluxo de caixa da cultura da laranja

Fonte: ASSOCITRUS (2008)

*Neste caso, os custos variáveis totais representam os custos operacionais da atividade.

O fluxo de caixa da cultura é composto pelas contas de custos variáveis indiretos, custos variáveis diretos e receita. Na conta de custos variáveis indiretos constam: impostos e outras contribuições; despesas administrativas; energia elétrica; salários e encargos e seguros sobre máquinas e implementos.

- Na conta impostos e outras contribuições, considera-se o gasto total, no ano, com o pagamento ao FUNDECITRUS (R\$0,09 cobrado por caixa de laranja produzida) e o Contribuição Especial para a Seguridade Social Rural - CESSR, alíquota de 2,3% sobre o faturamento da propriedade;
- A conta despesas administrativas representa 5% dos custos operacionais diretos (Custos com: maquinário, mão de obra, insumos e diversos) referentes à área destinada à laranja (100 ha);
- A conta Energia elétrica representa a despesa com energia elétrica na propriedade (100 ha) no ano, onde, a tarifa do kWh é definida anualmente pelo governo através da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e está atrelada a inflação do período e aos custos do setor;
- Na conta Salários os mesmos são definidos através de negociação entre os produtores e os sindicatos e geralmente os reajustes são concedidos com base na inflação medida pelo (Índice Geral de Preços do Mercado – IGP-M) e os encargos são calculados como uma proporção dos salários pagos;
- Na conta Seguro sobre máquinas e implementos o pagamento é calculado com base em um percentual do valor da máquina ou implemento segurados.

Na conta de custos variáveis diretos o item 1.2.1. **Insumos** é composto por gastos com: acaricidas, inseticidas, fungicidas, corretivos e fertilizantes, mudas, herbicidas (nomes comerciais). Esses insumos utilizados na atividade têm seus preços determinados pelas condições de oferta e demanda do mercado e, portanto, são fontes de incerteza sobre a rentabilidade do setor, pois, o produtor não tem qualquer influência na formação de preços desses insumos, que são considerados como variáveis aleatórias.

A conta 1.2.2.- **Manutenção de benfeitorias e equipamentos** é resultado da incidência de uma taxa anual de 3% sobre o montante de capital imobilizado na compra de equipamentos e empregado em benfeitorias. Esse recurso é utilizado para a manutenção de benfeitorias e

máquinas de forma a mantê-las em perfeitas condições de funcionamento durante todo o período de vida útil da cultura.

Na conta 1.2.3. - **Manutenção de maquinários** - calcula-se a despesa com a manutenção das máquinas utilizadas na área destinada para a cultura (100 ha) referente a quantidade de horas máquinas necessárias anualmente em valor monetário.

Na conta 1.2.5. - **Manutenção de edificações e cercas** - aplica-se uma taxa de 3% ao ano sobre o valor monetário investido em edificações e cercas.

Na conta 1.2.6. - **Óleo diesel e combustíveis** - calcula-se o valor monetário gasto com óleo diesel e combustível na propriedade (100 ha) para cada ano que varia de acordo com as quantidades utilizadas nas operações com máquinas e o preço do combustível que é formado no mercado.

A conta 1.2.7.- **Colheita e frete da produção** - representa o custo referente a pagamento a terceiros pela colheita e transporte da laranja. Normalmente, o valor pago pela colheita e frete é definido em negociação entre produtores e terceiros e os acordos seguem a inflação medida pelo IGP-DI.

A conta 1.2.8. - **Pagamento a terceiros Máquinas** – representa o custo referente à atividades com máquinas no ano de início da implantação do pomar (ano 0).

A conta 1.2.9. - **Pagamento a terceiros mão-de-obra** – refere-se ao custo com mão-de-obra no período de implantação do pomar (3 primeiros anos).

3.4.2 Escolha dos fatores de risco

O intuito deste trabalho foi avaliar o retorno de um investimento num pomar de laranjas e os riscos incorridos ao tomar a decisão de investir nessa cultura. Para calcular o risco e o retorno da atividade é necessário simular um grande número de cenários para as variáveis aleatórias componentes das contas do fluxo de caixa da atividade. Dessa forma, obtém-se a distribuição de frequência dos retornos esperados para o investimento desejado – Distribuição de frequência do VPL. Os resultados das contas do fluxo de caixa da atividade dependem das oscilações nas variáveis aleatórias que as afetam como: preços dos insumos, preço da laranja, produtividade, taxa de câmbio e preço externo do suco de laranja concentrado congelado. Portanto, foi

necessário fazer uma análise cuidadosa dessas variáveis de forma a avaliar a exposição do resultado econômico/financeiro da cultura da laranja aos fatores de risco.

O horizonte de tempo escolhido para a análise foi de 20 anos. A escolha do horizonte de tempo deve-se ao fato de na cultura da laranja o investimento feito no primeiro ano (formação do pomar ou ano 0) ter duração de 20 anos - ciclo de vida da cultura (definido com base na planilha de custos da ASSOCITRUS).

A identificação dos fatores de risco que afetam o retorno da cultura da laranja iniciou-se pelo estudo detalhado do fluxo de caixa da atividade (relações contábeis), onde, desde as atividades relacionadas com a formação do pomar, operações de plantio até a comercialização da laranja foram investigadas. Relações estatísticas e econométricas entre os fatores de risco também foram avaliadas de modo a definir as distribuições empíricas e correlações entre as variáveis aleatórias (fatores de risco).

3.5 Provisão

De acordo com Barros⁵, a provisão faz-se necessária quando um projeto com expectativa de rentabilidade satisfatória, ou seja, com um Valor Presente Líquido - *VPL* esperado (média dos valores possíveis de *VPL* - não negativo ($E(VPL) \geq 0$) - apresenta risco de ocorrência (probabilidade positiva) de (a) *VPL* negativo ou (b) deficiência de caixa, durante sua execução, acima de certo limite. Chama-se de risco do tipo A o primeiro e de risco tipo B o segundo.

Define-se provisão como o valor aplicado em alternativa sem risco e de rendimento igual à taxa de desconto utilizada na avaliação do projeto. Esse valor pode advir de duas fontes: (a) da subtração do montante disponível para ser investido ou (b) de recursos adicionais que ficam vinculados ao projeto.

Para avaliar o risco tipo A de um projeto, são feitas simulações de possíveis valores de rentabilidade (*VPL*) baseadas em probabilidades de ocorrência dos eventos determinantes dos *VPLs*, tais como preços, produtividade, etc.. Monta-se então a distribuição probabilística do *VPL*. O projeto será considerado viável se $E(VPL) \geq 0$ e se for possível (dispor-se de recursos para) prevenir-se (mediante provisão) de *VPLs* negativos com certa probabilidade. Por exemplo,

⁵ BARROS, G.S.A.C. **Cálculo da provisão em projetos sob risco**. Material para uso dos pesquisadores do CEPEA e alunos da ESALQ-USP.

estabelece-se como crítico o $VPL^* < 0$ e verifica-se, então a probabilidade de ocorrência de VPL s negativos. Se essa probabilidade for considerada satisfatória (abaixo de 5%, por exemplo) não é preciso provisionar. Porém, se a probabilidade for maior, é necessário provisionar de forma a que a probabilidade de $VPL \leq VPL^*$ baixe a 5%.

Em geral, se VPL^* for o VPL contra o qual provisionar (com recursos P), então⁶:

$$P = -VPL^{**} = \frac{I_0 VPL^*}{I_0 + VPL^*} \quad (62)$$

Onde I_0 é o montante de recursos financeiros disponíveis. Em síntese, o procedimento se resume em:

- a) Fazer as simulações para obter a distribuição de VP ;
- b) Determinar qual o $VPL^* < 0$ que fica no limite superior do quantil de 5%;
- c) Calcular P como indicado acima;
- d) Reduzir o investimento direto inicial a $I_0' = I_0 - P$;
- e) Na distribuição de VPL obtida em (a) alterar os VPL s para $VPL' = \frac{I_0'}{I_0} VPL$.

Alternativamente, o risco do tipo A poderia ser controlado também por um aporte adicional de recursos, de sorte a não reduzir o montante a ser aplicado diretamente no projeto.

⁶ Supõe-se que a função de produção apresente coeficientes fixos, tal que VPL é uma função linear de I , então se I_0 leva a VPL $VPL' = \frac{I_0'}{I_0} VPL$; $VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{RL_t(I_0)}{(1+r)^t} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_0 r l_t}{(1+r)^t} = I_0 \left[-1 + \sum_{t=1}^n \frac{r l_t}{(1+r)^t} \right]$ leva a $\frac{VPL}{I_0} = const.$

Nesse caso, o montante de recursos seria igual ao próprio VPL em valor absoluto. O VPL do projeto todo não se altera, posto que a provisão aplicada tem $VPL = 0$.

Para avaliar o risco tipo B do projeto, há que se caracterizar o padrão de deficiência de caixa que pode ocorrer durante sua execução. É claro que se trata aqui somente de projetos com $E(VPL) \geq 0$ (mesmo que provisionados) os quais, ainda assim, podem apresentar estrangulamentos de caixa. Considera-se que entre as RLs (Receita Líquida Operacionais) indicados na expressão abaixo um ou mais possam ser negativos.

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{RL_t}{(1+r)^t} \quad (63)$$

$RL_t < 0$ não significa necessariamente deficiência de caixa, exceto para $t = 1$. Para outros valores de t , importa verificar $RLCA_t$: receita líquida (operacional) capitalizada acumulada. Para ao ano k tem-se:

$$RLCA_k = \sum_{t=1}^k RL_t (1+r)^{k-t} \quad (64)$$

Se para qualquer $1 \leq k \leq n$, $RLCA_k < 0$, então no ano k será necessário injetar recurso adicional no projeto para cobrir seus custos. Pode-se demonstrar que numa seqüência temporal $R = \{RLCA_1, RLCA_2, \dots, RLCA_n\}$, representando uma possível seqüência de $RLCA_t$ (qualquer número real), o maior valor negativo de $RLCA_t$ - representado por $RLCA_m^-$ ⁷ - corresponde ao total de recursos capitalizados que será necessário injetar no projeto para fazer face a toda deficiência de recursos ($RLCA_t < 0$) na série R .⁸

O montante a provisionar no caso do risco tipo B depende dos recursos que o investidor disponha-se a aplicar a mais no projeto ou qual o limite de crédito com que ele pode contar para cobrir deficiências de caixa desse projeto. Fixado esse valor, os dados da simulação indicarão a

⁷ Mais precisamente, supõe-se que $RLCA_m^-$ seja negativo e o menor valor da série.

⁸ A prova é delineada em BARROS.

probabilidade de esse valor ser ou não suficiente para evitar que problemas de caixa – déficits a descoberto que possam ocorrer. A probabilidade varia no decorrer da execução do projeto, de sorte que o investidor poderá planejar a formação dos fundos adicionais de provisão. O importante é conhecer o valor presente da provisão. O montante de recursos a provisionar, neste caso, será obtido diretamente do histograma das RLACs. Para cada simulação, identificar o menor $RLAC_t$, que seja negativo. Construir o histograma com as RLACs com as respectivas probabilidades de ocorrência e calcular o valor presente da provisão. Pode-se, então, selecionar o montante de recursos que reduzirá probabilidade de deficiência de caixa ao nível desejado.

Barros⁹ mostra que para qualquer combinação de riscos do tipo A e B, o montante a ser provisionado é igual ao valor presente de $RLCA_m^- = \sum_{t=1}^m RL_t (1+r)^{m-t} < 0$. Mostra ainda que essa provisão dará conta dos dois tipos de risco. Ou seja, ao zerar $RLCA_m^-$ o investidor estará eliminando a possibilidade de $VPL < 0$ do projeto.

3.6 Dados

Para a análise do risco do citricultor os co-movimentos entre os preços da laranja e os preços dos insumos (captados pelo Índice de Preços ao Produtor – IPP) utilizados no pomar, além de outras variáveis como taxa de câmbio e preço do suco (para o qual a laranja é matéria prima) foram captados através do ajuste do modelo VAR de previsão. Os dados utilizados na modelagem foram:

1. Preços laranja para indústria (CEPEA, 2008);
2. Série de câmbio (R\$/US\$) (Fundação Getúlio Vargas – FGV, 2008);
3. Índice de Preços ao Produtor - IPP (FGV, 2008);
4. Preço em dólar do suco de laranja concentrado congelado negociado na bolsa de Nova York (INTERCONTINENTAL EXCHANGE - ICE FUTURES, 2008),

⁹ BARROS, G.S.A.C. **Cálculo da provisão em projetos sob risco**. Material para uso dos pesquisadores do CEPEA e alunos da ESALQ-USP.

As séries referem-se a dados mensais com valores a partir de outubro de 1994. As séries de preços da laranja, IPP e câmbio foram deflacionadas pelo Índice Geral de Preços Disponibilidade Interna (IGP-DI da FGV). A série de preços do suco de laranja concentrado congelado foi deflacionada pelo Índice de Preço ao Produtor norte-americano (*Producer Price Index* – PPI) (USDA, 2008b).

Para captar o risco associado com a variabilidade da produtividade foram utilizados dados de 2 experimentos da Estação Experimental de Bebedouro¹⁰(informação pessoal). As informações coletadas nos 2 talhões geraram 72 observações de produção de árvores para as diferentes idades ao longo da vida útil do pomar.

A identificação dos fatores de risco e os procedimentos de previsão foram executados pelo software RATS na versão 6.0 (ENDERS, 1996) e para os procedimentos de Simulação utilizou-se o *software Crystal Ball* da *Oracle Corporation* (2008).

¹⁰ STUCHI, E.S. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

4 CITRICULTURA BRASILEIRA

Esta seção trata de questões relativas à produção e comercialização da laranja. O intuito foi apresentar os principais produtores, formas de comercialização e destino dado à fruta (processamento ou mercado de fruta fresca); estudar os arranjos contratuais utilizados na comercialização da fruta que são uma importante fonte de informação com relação ao processo de precificação do produto e; entender a evolução dos principais fatores de risco da atividade – preços, produtividade e os principais componentes dos custos operacionais.

4.1 Produção e comercialização

O Brasil possuía, em 2006, quase 1 milhão de hectares de plantas cítricas em seu território, sendo que a área cultivada com laranja representava quase 90% da área total de citros (laranja, limão e tangerina) cultivada no país. Em 2006 a produção de laranja em todo território nacional foi de 18.032 mil toneladas e o estado de São Paulo produziu 80% desse total (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008), como mostrado na Figura 3. A maior parte dessa produção (aproximadamente 70%) destinou-se à indústria de suco e esteve concentrada no estado de São Paulo que foi responsável por 98% do suco produzido no país (ABECITRUS, 2008b).

Figura 3 - Participação estadual na produção de laranja no Brasil em 2006

Fonte: IBGE (2008)

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja com uma produção de aproximadamente 16 milhões de toneladas para a safra 2007/08. Os Estados Unidos aparecem como o segundo maior produtor mundial de citros com 9 milhões de toneladas seguido de China e México, que produziram 5 e 4 milhões de toneladas respectivamente. Historicamente, a produção brasileira tem permanecido acima de 30% da produção mundial da fruta e juntos, Brasil e EUA, representam mais de 50% da produção mundial - Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de laranja dos principais países produtores para os anos-safra 2000/01 à 2007/08 – em milhões de toneladas

País	Ano Safra							
	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
Brasil	14.729	18.360	15.382	19.054	16.565	17.993	18.278	15.912
EUA	11.139	11.290	10.527	11.734	8.419	8.196	6.885	9.237
China	2.635	3.598	3.600	4.036	4.250	4.450	4.800	5.450
México	3.885	4.020	3.734	3.901	4.000	4.157	4.000	4.000
Turquia	1.070	1.250	1.250	1.250	1.300	1.445	1.536	1.472
África do Sul	1.119	1.263	1.148	1.113	1.038	1.167	1.259	1.280
Espanha	2.688	2.822	2.950	3.052	2.691	2.376		
Itália	1.800	1.724	1.723	1.835	2.105	2.261		
Egito	1.610	1.696	1.734	1.740	1.775	1.800	1.830	n.d
Grécia	976	1.076	1.145	550	764	1.017		
União Européia							6.486	5.999
Outros	2.937	2.729	2.636	2.540	2.586	2.575	2.578	1.979
Mundo	44.588	49.828	45.829	50.805	45.493	47.437	47.652	45.329
Brasil	33%	37%	34%	38%	36%	38%	38%	35%
Brasil +EUA	58%	60%	57%	61%	55%	55%	53%	56%

Fonte: USDA (2008a)

*n.d = Informação não disponível.

A comercialização da laranja tem dois mercados: o de fruta fresca e o de fruta para processamento - produção de suco. Cerca de 70% da produção brasileira de laranja é destinada ao processamento industrial para transformação em suco de laranja concentrado e congelado com 98% da quantidade produzida de suco direcionada para o mercado externo. O Brasil tornou-se o maior produtor mundial de citros na década de 1980, em 2007, os embarques de SLCC rederam US\$ 2,3 bilhões para 1,39 bilhões de toneladas de suco, com o Brasil na posição de maior exportador mundial de SLCC (ABECITRUS, 2008a; NEVES, 2006). No mercado da fruta fresca, que representa 30% da produção brasileira de laranjas, uma parcela pequena destina-se à exportação,

ficando a maior parte no mercado interno para ser consumida na forma de fruta fresca ou em suco pasteurizado (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2008; ABECITRUS, 2008b).

O Sistema Agroindustrial - SAG da laranja é uma cadeia produtiva que gera um PIB equivalente a R\$9 bilhões. O setor emprega diretamente cerca de 400 mil pessoas e é uma atividade econômica essencial para 322 Municípios paulistas e 11 Municípios mineiros (ABECITURS, 2008b).

Duas regiões dominam o mercado mundial de suco de laranja: o estado de São Paulo, no Brasil, e o Estado da Flórida, nos Estados Unidos. Juntos produzem aproximadamente 90% do suco de laranja consumido no mundo – Tabela 2. A produção americana de laranja e seus derivados são voltados ao mercado interno, enquanto no Brasil, o foco dos negócios da indústria citrícola está na exportação. De acordo com estimativas da FAS (2005, 2006a, 2006b) na safra 2005/06 o Brasil exportou 98% de sua produção de suco de laranja que representou 85% do total exportado mundialmente nesse período. Os Estados Unidos, no mesmo período, foi responsável por 5% do volume comercializado mundialmente, porém, apresentou um déficit entre consumo e produção.

Tabela 2 - Volume de suco de laranja produzido pelos principais países produtores (em toneladas)

Safra	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07
Brasil	1.482.000	1.285.000	1.412.000	1.455.000
E.U.A	1.043.465	693.977	706.133	633.282
Espanha	50.000	56.000	44.055	48.733
África do Sul	22.930	14.112	17.248	16.800
Outros	120.615	182.664	167.942	179.461
Mundo	2.719.010	2.231.753	2.347.378	2.333.276
%Brasil	55%	58%	60%	62%
%Brasil+EUA	93%	89%	90%	89%

Fonte: USDA (2009) e *Florida Agricultural Statistics Service* - FASS (2008)

O mercado brasileiro de processamento de suco de laranja (mercado comprador da laranja ofertada pelo produtor) é caracterizado pela concentração da produção, onde existem poucas

empresas com alto grau de participação de mercado (*market share*). Dentre as quatro maiores empresas exportadoras de suco de laranja, no mundo, três são brasileiras e são responsáveis por 78% do suco processado que é exportado - Figura 4. Já, as quatro maiores exportadoras mundiais detêm 90% do mercado de suco processado (GONZALEZ, 2007).

Figura 4 - Participação de mercado das principais empresas exportadoras de suco de laranja processado

Fonte: Gonzalez (2007)

A Figura 5 mostra a participação por região de destino das exportações brasileiras de suco concentrado de laranja no ano civil de 2008. Os países da União Européia importaram 68% do suco de laranja produzido pelo Brasil. Em segundo lugar estão os países do NAFTA com uma participação de 14% das exportações brasileiras de suco concentrado congelado.

Figura 5 - Exportações brasileiras de suco concentrado de laranja no ano civil 2008 – participação por região de destino

Fonte: ABECITRUS (2008a)

O mercado brasileiro da fruta fresca é bem menos concentrado. Nesse setor predominam empresas de porte médio e a participação de cooperativas possui um papel de grande relevância (FERNANDES, 2003). A laranja como fruta fresca não é um produto importante na pauta das exportações do setor. No ano safra 2007/2008 o Brasil exportou aproximadamente 50 mil toneladas desse produto, valor pouco significativo diante da produção brasileira que foi de aproximadamente 16 milhões de toneladas nessa safra (ABECITRUS, 2008a). No estado de São Paulo, maior produtor da fruta, a produção de fruta de mesa não é prioridade. Grande parte das frutas vendidas como de mesa no mercado interno não são frutas específicas para o consumo fresco, mas, frutas para o processamento.

A Figura 6 sintetiza as diversas etapas – dos serviços técnicos prestados nos pomares até a chegada da fruta no varejo - necessárias para a fruta fresca chegar ao mercado. Devido aos elevados custos sanitários, há forte demanda pelo setor de consultoria agrônômica (assistência técnica). Há também os custos com mão-de-obra para colheita, que pode ser realizada por equipe própria ou terceirizada (cooperativas de colheita). No mercado da fruta fresca as vendas podem

ser diretas aos agentes comerciais, mas, o mais comum é a presença do intermediário que pode estar presente entre o citricultor e o *packing house*, entre o *packing house* e o atacado ou apenas entre o atacado e o varejo. Os *packing houses* são intermediários que beneficiam o produto (cuidam da limpeza das frutas e as classificam), podendo agregar no seu serviço a colheita. Alguns produtores verticalizam para frente, possuindo seu próprio *packing house* e box nas Centrais de Abastecimentos - CEASAs, comercializando diretamente sua produção com atacadistas, inclusive de outros estados, ou podem também negociar diretamente com grandes redes de supermercados (varejo). A relação nesse mercado é geralmente informal e sem contrato. Os negócios podem ser realizados quando a fruta ainda está no pé ou no momento da colheita. O pagamento é a prazo (30 dias) e o preço pode ser preestabelecido ou por consignação (BOTEON, 2008).

Figura 6 - Relação entre os agentes técnicos, mão-de-obra para colheita e comercialização da fruta

Fonte: Boteon (2008)

Quanto às formas de comercialização entre produtores e indústrias processadoras, Neves (2005) dividiu-as em:

- Venda para a indústria sem qualquer tipo de arranjo contratual (*spot*): devido à especificidade dos ativos envolvidos, vender frutas diretamente na porta da indústria é uma transação com elevado grau de incerteza, evitada por ambas as partes por apresentar altos custos de transação;
- Venda à indústria através de contratos: transação feita via contratos. As negociações baseiam-se na oferta e demanda de fruta no ano de efetivação do contrato, em que os preços e a duração são baseados na demanda da própria indústria;
- Venda à indústria através de contratos especiais de maior prazo e melhores condições (até parcerias): também feita via contratos, ocorrem muitas vezes caso a caso, em que o preço é baseado no mercado, na concorrência local e poder de negociação do grupo (*pools*) ou do produtor individualmente (baseado no volume da fruta e tecnificação associada à qualidade). Nesses contratos o preço é superior ao preço de mercado e ocorrem normalmente contratos mais longos entre as partes com maior prazo de vigência;
- Contratos de *tool processing*: trata-se de um acordo contratual entre produtores, isoladamente ou em associações (*pools*), onde arrendam parte da capacidade da indústria e processam a fruta. O processo industrial é por conta da gerência da indústria, mas, após o processamento são os produtores que comercializam.

Segundo informações obtidas através de enquete pela ASSOCITRUS (2008a), para a safra 2008/2009, apenas 40% dos produtores amostrados possuíam contrato firmado com a indústria de processamento da laranja e, os valores oferecidos pelas processadoras para a renovação dos contratos variavam entre US\$4,00 e US\$7,00 a caixa de 40,8 kg.

O Quadro 2 sintetiza as formas de comercialização encontradas na citricultura e uma idéia do percentual da produção da fruta que se encontra em cada uma das formas, para a safra 2006/07 (NEVES; TROMBIN; LOPES, 2008).

Controle x Risco	Tipologia de Coordenação	Percentual em relação a produção de laranja de São Paulo	Características do Relacionamento
M A I O R (+) C O N T R O L E (-) M E N O R	Integração Vertical	18 a 22%	Refere-se aos pomares das próprias empresas, com propriedade total dos ativos, ou seja, a indústria é a processadora e a proprietária.
	Arrendamento	1 a 2%	Contratos de longo prazo (15 a 20 anos), onde a indústria aluga uma propriedade por um período pré-determinado, fixo pelos 20 anos e desenvolve a atividade.
	Parceria Integral	1 a 2%	Contratos de longo prazo, em que a indústria investe e opera totalmente a área, com o pagamento pelo uso da área feito em produto. A indústria garante a compra da fruta pelo preço de mercado. Os riscos do proprietário são os naturais (produtividade) e econômicos (preço).
	Parceria com Fomento	0,5%	Contratos de longo prazo em que insumos são cedidos pela indústria aos produtores e o produtor opera a fazenda, contando com forte assistência técnica da indústria. Preço da fruta envolve parcela fixa e parcela variando de acordo com preços do suco no mercado internacional, principalmente da Europa.
	<i>Toll Processing</i>	7%	Trata-se do processamento via arrendamento de fábrica, ou seja, o produtor arrenda a capacidade (parcial/total) da fábrica, processa sua própria fruta e comercializa os produtos derivados.
	Contrato Flex (gatilho)	20 a 25%	Contrato de suprimento com parcela fixa e parcela variável de acordo com o preço do suco no mercado internacional. Duram de 2 a 5 anos.
	Contrato Fixo	35 a 40%	Contrato de suprimento baseado em preço fixo por um prazo de 2 a 5 anos.
	Contrato Safra	5 a 10%	Contrato para uma safra com preço fixo.
	Mercado <i>Spot</i> (Fruta Portão)	5 a 10%	Fruta é vendida em transações de mercado, <i>spot</i> , em momento próximo à colheita.

Quadro 2 – Tipologia de coordenação

Fonte: Adaptado de Neves, Trombin e Lopes (2008)

A Figura 7 mostra a evolução dos preços reais - (US\$/tonelada) deflacionados pelo PPI americano (*Producer Price Index da US Bureau of Labor Statistics*) - do suco de laranja concentrado congelado negociados na Bolsa de Nova York, média de todos os vencimentos (*ICE FUTURES*, 2008). Observa-se que o preço real negociado na bolsa teve queda de 9,74% no período de outubro de 1994 até dezembro/2007, saindo de US\$2.340,00 para US\$2.112,00. A média histórica das cotações do suco, nesse mesmo período, foi de US\$1.944,00 – em US\$ de dezembro de 2007 - e o período de preços mais baixos ocorreu no início de 2004 quando os preços reais chegaram a ser negociados por US\$1.072,00/tonelada.

Figura 7 – Evolução dos preços reais do Suco de Laranja Concentrado Congelado - SLCC negociados na Bolsa de Nova York – NYBOT, média de todos os vencimentos

Fonte: ICEFUTURES (2008)

Braga e Boteon (2008) fizeram uma análise dos ciclos de preços da citricultura e pontuaram alguns fatores que podem influenciar possíveis altas e quedas nos preços recebidos pelo produtor para os próximos anos. Segundo as autoras, até 2007 os ciclos de baixa e de alta de preços na citricultura paulista eram determinados pela oferta na Flórida e em São Paulo. A partir

de 2008, outros fatores, muitos externos ao setor, podem influenciar a citricultura paulista e dificultar a previsão do comportamento dos preços e do tamanho da oferta. A favor da alta dos preços da laranja paulista estão: o encarecimento da produção citrícola frente ao aumento dos custos fitossanitários e da mão-de-obra, a limitação da oferta devido ao aumento da incidência do *greening* e o aumento do custo de oportunidade com outras culturas, como a cana-de-açúcar, eucalipto e grãos. A possibilidade de substituição da citricultura por outras culturas mais rentáveis (e de menor risco) limita uma rápida expansão em área no estado de São Paulo, principal pólo industrial de suco. Por outro lado, a favor da baixa nos preços na próxima década está a concentração produtiva do parque citrícola paulista com o avanço do plantio das indústrias e dos produtores de grande escala, permitindo um salto de produtividade e aumento da produção paulista. A Flórida, apesar de todas as suas limitações para expandir o seu parque citrícola, está recuperando sua produtividade e pode, nos próximos anos, produzir acima do observado entre 2004 e 2007.

Os preços pagos aos produtores paulistas no mercado spot (posto na indústria sem contrato), em outubro de 1994, eram cotados por R\$10,39 a caixa de 40,8 kg - em reais de dezembro de 2007 - e em dezembro de 2007 por R\$12,61, alta de 21,4% no período. Observa-se que, durante o período analisado, a pior fase de comercialização da fruta foi o início do ano 2000 quando a caixa de 40,8kg foi negociada a preços próximos de R\$3,00. Já o pico de valorização da laranja se deu no final de 2006 e início de 2007, quando os preços ultrapassaram a casa dos R\$16,00 chegando a atingir o pico de R\$16,60 em janeiro de 2007 – Figura 8. Esses preços são coletados pelo CEPEA/USP¹¹ e foram utilizados neste trabalho na modelagem do problema.

¹¹Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

Figura 8 - Evolução dos preços da laranja posta na indústria paulista: valores médios em reais de dez/2007 recebidos pelos produtores, a prazo, em R\$/cx de 40,8 kg

Fonte: CEPEA (2008)

Nota: Custos da colheita e do frete inclusos; Variedades consideradas: Natal, valência e pêra.

O produtor de laranja é um tomador de preços, o que significa que não tem influência sobre os preços que paga pelos insumos necessários à sua produção e, tampouco, sobre os preços que receberá pela venda da laranja. Como a cultura da laranja é perene, os ciclos de preços são mais duradouros (porque uma vez definido o tamanho do pomar a produção fica “determinada” para, pelo menos, os próximos 15 anos) que os apresentados por culturas de ciclos mais curtos, onde os produtores reavaliam o tamanho da área anualmente ou até semestralmente, como é o caso do milho. Esse fator pode aumentar o risco do produtor investir no pomar. Ciclos de preços altos nem sempre são garantia de alta rentabilidade, pois, geralmente são acompanhados por alta nos preços dos insumos. O produtor se pergunta se a valorização externa do suco é repassada para o preço que ele recebe pela laranja que entrega à indústria e se a desvalorização cambial, que no passado foi uma importante fonte de preservação (proteção) da renda, são fatores que impactam positivamente sua remuneração.

Desde a instalação do parque citrícola paulista, na década de 1960, a atividade tem passado por vários ciclos de negócio que se refletem nos ciclos dos preços. Devido a essas constantes fases de alta e de baixa de preços o setor tem investido intensivamente em novos tratamentos culturais e no controle de pragas e doenças. De forma a minimizar suas perdas (risco) os

produtores têm adensado seus pomares, adotado novas tecnologias de irrigação, migrado para regiões menos suscetíveis ao ataque de pragas e doenças e buscado diversificar sua produção, seja adotando outras culturas na mesma propriedade, produzindo a fruta em diferentes localidades ou mesmo diversificando sua propriedade com pomares em diferentes idades.

4.2 Produtividade

A Figura 9 traz a evolução média da produção de laranja em milhões de caixas de 40,8 quilos, área cultivada em mil hectares e produtividade (cx/ha) dos pomares de laranja no estado de São Paulo. Verifica-se que a produtividade da cultura da laranja, no estado de São Paulo, cresceu 55% entre os anos 1990 até 2007. Esse ganho de produtividade é explicado por vários fatores como: fertilização, irrigação, combate a ervas-daninhas, controle de pragas e doenças, densidade (número de árvores plantadas por hectare que aumentou de 200 plantas nos anos 1984 para 300 plantas por hectare no quinquênio 2000/2004), as variedades e os porta-enxertos utilizados que possuem características genéticas próprias (CASER; AMARO, 2004).

Figura 9 - Evolução da produção, área e produtividade dos pomares paulistas

Fonte: IBGE (2008) para área e IEA (2008) para produção.

Os dados da safra industrial da laranja para o estado de São Paulo apresentados na Tabela 3 mostram a produção de caixas por planta em idade produtiva, ou seja, é a produção média anual por planta no território estadual para as plantas em produção (de 3 a 19 anos de idade) sem considerar a produção por idade do pomar. Observa-se que a produtividade, no ano de 2007, sofreu uma queda de aproximadamente 1% com relação ao ano de 1983 e, ao longo do período destacado na Tabela, sofreu pequena variabilidade. É importante destacar que a produtividade por hectare sofreu um significativo aumento desde 1990 – Figura 9 - enquanto a produtividade por planta praticamente se manteve estável.

Tabela 3 - Produção e produtividade média da laranja para o Estado de São Paulo

Ano	Pés novos	Pés em produção	Produção (caixas)	Produtividade (caixas/planta)
1983	17.543.446	93.884.465	189.986.079	2,02
1984	17.357.850	99.934.931	205.677.547	2,06
1985	20.745.340	110.025.788	220.560.743	2,00
1986	24.946.103	109.862.558	196.366.229	1,79
1987	25.935.267	118.863.750	234.057.449	1,97
1988	28.324.766	128.097.615	248.815.802	1,94
1989	34.398.571	137.877.353	296.749.656	2,15
1990	36.520.378	144.203.280	291.740.760	2,02
1991	41.121.444	155.997.516	322.988.335	2,07
1992	43.089.968	161.672.401	341.622.826	2,11
1993	43.981.509	170.037.296	347.604.593	2,04
1994	42.837.795	180.778.528	361.406.576	2,00
1995	45.843.491	187.955.462	364.923.656	1,94
1996	35.128.106	193.220.555	371.401.640	1,92
1997	31.959.381	192.732.855	383.695.458	1,99
1998	27.003.643	197.508.971	378.990.909	1,92
1999	27.364.872	200.947.688	400.061.598	1,99
2000	19.976.352	195.250.679	356.317.906	1,82
2001	20.865.545	184.945.518	328.205.050	1,77
2002	23.825.494	187.806.098	361.777.839	1,93
2003	25.042.048	187.517.986	327.134.568	1,74
2004	27.207.427	188.216.728	360.895.782	1,92
2005	31.148.670	183.881.781	352.186.566	1,92
2006	32.072.781	179.012.057	348.399.593	1,95
2007	34.028.535	183.457.158	365.815.445	1,99

Fonte: IEA (2008)

No setor de produção citrícola há grande preocupação com a produtividade, pois, acredita-se que, pode ser um fator decisivo para a permanência do produtor na atividade. É devido a essa busca contínua por incrementos de produtividade que o setor investe pesadamente

no desenvolvimento de novas tecnologias de produção e no controle de pragas e doenças (fitossanidade). Um dos principais fatores que explica o aumento de produtividade por hectare é o adensamento do pomar, um levantamento feito por Paes e Esperancini (2006) constatou que as três densidades mais comuns no estado de São Paulo, especificamente na região Sul, são 300, 476 e 512 plantas por hectare.

O produtor de laranja normalmente preocupa-se com dados de produtividade por planta com relação à idade do pomar, pois, é a partir dessa estimativa que os produtores criam expectativas com relação à quantidade de caixas que serão produzidas na propriedade durante o prazo de vida útil do pomar e, conseqüentemente, a receita esperada para o investimento na cultura. Embora a produtividade média por planta, para o estado de São Paulo, não tenha apresentado mudanças significativas ao longo dos anos (Tabela 3) sabe-se que a variabilidade entre propriedades é muito grande e tem impacto decisivo sobre a sustentabilidade da atividade. Dessa forma, para modelar a produtividade foi necessário fazer um levantamento dos dados dos pomares junto à Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro. Os dados das produtividades em função da idade do pomar referem-se a dois experimentos que tiveram início em 1990. Ao se projetar a produção futura da planta com base nos dados observados no passado pressupõe-se que no futuro a produção por planta será similar à produção passada; a baixa variabilidade da produção por planta observada desde 1983 é um indicativo a favor dessa hipótese, que foi adotada nesse trabalho.

4.3 Insumos

Há intensa preocupação na citricultura com o controle de pragas e doenças, pois, a contaminação dos pomares pode causar danos irreversíveis. A quantidade e a qualidade das frutas cítricas são frequentemente ameaçadas devido aos danos deixados na planta, que dependendo da intensidade do ataque, pode torná-la improdutiva ou levar à sua erradicação. De forma a desenvolver estudos e pesquisas para evitar os danos causados pelas pragas e doenças foi criado o Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS que é uma associação de citricultores e indústrias processadoras de frutas cítricas voltada para a sanidade dos pomares. A primeira atuação do FUNDECITRUS foi em 1977 no auxílio à Campanha Nacional de Erradicação ao Cancro Cítrico - CANECC do Ministério da Agricultura. Identificada no Brasil em 1957, na

região de Presidente Prudente (SP), essa doença atingiu a região da citricultura paulista em 1979 (FUNDECITRUS, 2008). Atualmente o grande vilão dos pomares de laranja é o Greening. Essa doença pode ser tão danosa à planta que a medida utilizada no combate ao greening é a erradicação da árvore do pomar.

Diante de tanta preocupação com fitossanidade vários trabalhos têm sido desenvolvidos para medir os custos com o uso de defensivos. Guillard et al. (2002) observaram que, num pomar em produção, os gastos diretos com defensivos são de até 40,3%. Observa-se, portanto, que o controle fitossanitário para a citricultura é de alto custo.

Os defensivos agrícolas utilizados na cultura da laranja são: inseticidas, fungicidas, acaricidas, herbicidas e bactericidas. Os principais herbicidas utilizados na propriedade são o Roundup e o Gramoxone (nome comercial dos principais herbicidas cujos preços são divulgados pelo IEA). A Figura 10 mostra a evolução do índice de preços, em reais de outubro de 2007, desses dois produtos que são coletados pelo IEA para os meses de janeiro, abril, agosto e outubro de cada ano desde o ano 2000. Pode-se observar que, os preços pagos pelos produtores de laranja do estado de São Paulo pelos dois produtos ficaram quase 40% mais baixos do que os preços observados em janeiro de 2000.

Figura 10 - Índice dos preços reais dos dois principais herbicidas usados na propriedade – Roundup e Gramoxone

Fonte: IEA (2008)

Há uma grande variedade de acaricidas utilizados na cultura da laranja. Os principais são: torque 500 SC, omite, savey, Kumulus DF 25 kg, Kelthane 480, Sipcatin e o Caligur (nome comercial dos principais acaricidas cujos preços são divulgados pelo IEA). Os preços reais desses acaricidas utilizados na propriedade, observados desde janeiro de 2000 até outubro de 2007, sofreram queda real, com base em outubro de 2007. Nota-se que os preços dos principais acaricidas utilizados na propriedade ficaram, em R\$ de outubro/2007, entre 39% e 54% mais baratos quando comparados com janeiro de 2000 – Figura 11.

Figura 11 - Índice dos preços reais dos principais acaricidas usados na propriedade

Fonte: IEA (2008)

Os principais fungicidas utilizados na propriedade produtora de laranja são: Dithane, Derosal, Score e RECOP (nome comercial dos principais fungicidas cujos preços são divulgados pelo IEA). Observa-se que os preços desses fungicidas seguiram comportamento contrário, pois, enquanto os preços reais, R\$/outubro2007, do Dithane, Derosal e Score sofreram queda de preços

reais de aproximadamente 60%, o preço real do RECOP apresentou elevação de quase 40% – Figura 12.

Figura 12 - Índice dos preços reais dos fungicidas usados na propriedade

Fonte: IEA (2008)

Os preços dos inseticidas Mirex, Dimetoato 500CE, Decis 25 CE, Actara e Temik (nome comercial dos principais inseticidas cujos preços são divulgados pelo IEA), em reais de outubro/2007, apresentaram redução entre 32% e 63% no período analisado (janeiro de 2000 à outubro de 2007) – Figura 13.

Figura 13 - Índice dos preços reais dos inseticidas usados na propriedade

Fonte: IEA (2008)

Observa-se, portanto, que, com exceção do RECOP, o produtor de laranja observou variação negativa dos preços dos defensivos superior a 30% entre janeiro de 2000 e outubro de 2007. Ou seja, em termos reais, o produtor teve uma redução superior a 30% nos gastos com defensivos, excluindo-se o gasto com o RECOP. Essa redução de preços reais faz com que o custo do produtor tenha um alívio, compensando a alta dos outros componentes do custo.

Dos fertilizantes utilizados na propriedade, os principais são: o formulado 10-10-10, o formulado 20-05-20 e o formulado 19-10-19. Os preços dessas formulações, valores em R\$ de outubro de 2007, estiveram em patamares elevados no ano de 2004 e voltaram a sofrer pressão de alta nos preços no final de 2006. A evolução do índice de preços, calculado para os fertilizantes, mostra que em outubro de 2007 os preços dos fertilizantes encontravam-se entre 15% e 20% mais altos quando comparados com os preços de janeiro de 2000 (preços deflacionados para outubro de 2007) – Figura 14.

Figura 14 - Evolução do índice de preços dos fertilizantes – preços reais de outubro/2007

Fonte: IEA (2008)

Outro item importante no custo de produção da laranja é o óleo diesel. O preço do litro, em reais de outubro de 2007, saltou de R\$1,21 em janeiro de 2000 para R\$1,93 em outubro de 2007, aumento real de 59% - Figura 15.

Figura 15 - Evolução dos preços reais do óleo diesel - R\$ de outubro/2007

Fonte: IEA (2008)

Diante da diversidade de insumos utilizados no processo de produção e da variabilidade sofrida pelos preços desses insumos – enquanto uns sofreram altas de preços outros sofreram quedas – optou-se por trabalhar, na modelagem do problema, com a variabilidade da cesta de insumos utilizados no processo de produção. Essa variabilidade nos preços dos insumos é captada pelo Índice de Preços Pagos pelos Produtores - IPP que é divulgado pela Fundação Getúlio Vargas.

Para resolver o problema de pesquisa os cinco passos da proposição metodológica apresentada por Lee (1999) foram executados. Definido o modelo empírico para o cálculo da distribuição do VPL o próximo passo foi selecionar os fatores de risco que afetam a atividade.

As variáveis aleatórias explicativas (fatores de risco) são aquelas capazes de provocar alterações no retorno da atividade (VPL) que é a variável dependente do problema de pesquisa. Após a identificação nas contas do fluxo de caixa da atividade de itens que pudessem apresentar variabilidade, impactando no resultado financeiro, foram selecionadas como principais as seguintes variáveis: o preço da laranja que afeta a receita da atividade e o IPP para representar a variabilidade dos custos da atividade. Incluiu-se nessa análise a taxa de câmbio real e o preço externo do suco de laranja concentrado congelado em dólares, pois, são variáveis que tem relação (impacto) direta com o preço que é recebido pelo produtor – para ajuste do modelo VAR de previsão do comportamento futuro dos preços.

O comportamento da produtividade em função da idade do pomar foi modelado através de ajuste dos dados históricos à distribuição teórica de probabilidade através do teste de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos através da implementação da metodologia apresentada no *CorporateMetrics*TM (KIM; MALZ; MINA, 1999) definida como *Simulation-Based Approach*. Os procedimentos utilizados para a solução do problema foram baseados nos cinco passos apresentados na metodologia e estão descritos abaixo.

Passo 1 - Definição dos parâmetros do projeto para as medidas de risco: VPL e Deficiência de Caixa (DC).

Passo 2 - Estabelecer as relações entre os fatores de risco e os parâmetros do projeto. A função de impulso resposta, produto do modelo VAR, foi utilizada para definir essas relações.

Passo 3 – geração de cenários → para gerar 10.000 seqüências (cenários) de possíveis valores para os fatores de risco foi preciso:

Passo 4 – Montar a distribuição de frequência do VPL e dos fluxos de caixa do projeto. Para construir a distribuição dos fluxos de caixa e dos VPLs 10.000 cenários com os possíveis valores para os fatores de risco foram inseridas no modelo empírico. Cada cenário gerou como resultado um fluxo futuro de caixa e respectivo VPL. Com isso, chega-se à distribuição probabilística de VPL e a distribuições anuais de caixa.

Passo 5 – Calcular o risco de $VPL < 0$ e de DC além do limite de crédito.

O detalhamento dos resultados obtidos está descrito nas subseções 5.1 e 5.2.

5.1 Identificação e estimação dos fatores de risco

5.1.1 Evolução do comportamento dos fatores de riscos

Analizou-se a evolução das variáveis aleatórias que afetam o resultado econômico/financeiro do produtor de laranja, bem como as relações estatísticas que podem

guardar entre si. Dessa forma, a escolha dos fatores de risco se deu através de ampla análise do comportamento das séries no tempo, das correlações entre elas, das propriedades estatísticas e do impacto sobre o fluxo financeiro da propriedade.

A Figura 16 mostra a evolução do índice de preços pagos ao produtor. O IPP foi utilizado para captar a variabilidade dos custos envolvidos no processo de produção da laranja. Observa-se que, de outubro de 1994 até dezembro de 2007, a cesta de insumos que o produtor utiliza na propriedade sofreu um aumento de 14% (em termos reais – deflacionados pelo IGP-DI para dezembro/2007).

Figura 16 - Evolução do índice de preços ao produtor

Fonte: FGV (2008)

A Figura 17 mostra a evolução das variáveis que afetam a receita da atividade. Espera-se que, embora não se observe uma relação estável, a evolução dos preços externos (redução de 10% no período) do suco de laranja concentrado congelado guarde alguma tendência positiva com o preço interno (aumento de 21% no período). Nota-se claramente, porém, que o preço externo não é um importante determinante do interno. A apreciação cambial (redução de 41% na taxa de câmbio do período) reduz o valor das exportações do suco da indústria exportadora. Dessa forma,

é esperado que um aumento da taxa de câmbio (desvalorização do real) afete positivamente o preço que é recebido pelo produtor no mercado doméstico. Novamente não se observam indicações de uma relação importante entre câmbio e preço interno da laranja.

Figura 17 - Evolução das variáveis (fatores de risco) que afetam a receita da atividade – índice de preços do SLCC, índice de preços laranja* e índice de câmbio

Fonte: Dados da pesquisa.

* CEPEA.

De posse das variáveis aleatórias que afetam custos e receitas da atividade (preço externo do suco de laranja concentrado congelado, preço da laranja para a indústria, IPP e taxa de câmbio) o passo seguinte foi definir um modelo de Auto-Regressão Vetorial - VAR para representar o comportamento conjunto dos fatores de risco. Para auxiliar na escolha do modelo de previsão (VAR ou VEC), testes de raiz unitária e de co-integração foram aplicados as variáveis – Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Teste uma raiz (ADF) para: Preço laranja, IPP, taxa de câmbio e suco de laranja

Modelo	Estatística	Valores críticos		Preço laranja	IPP	Câmbio	Suco
		1%	5%				
I	τ_τ	-4,04	-3,45	-4,85	-2,45	-0,07	-3,27
	$\tau_{\beta\tau}$	3,53	2,79	2,53	1,92	-2,19	-1,77
	ϕ_3	8,73	6,49	11,84	3,02	2,40	5,74
	Q (12 defasagens)	***		0,46	0,89	0,97	0,79
II	τ_μ	-3,51	-2,89	-4,07	-1,51	-0,09	-2,86
	$\tau_{\alpha\mu}$	3,22	2,54	4,10	1,45	-0,03	2,86
	ϕ_1	6,7	4,71	8,42	1,15	0,29	4,12
III	τ	-2,6	-1,95	-0,13	-0,43	-0,77	-0,27
I nas $\Delta\Delta y_t$	τ	-2,6	-1,95	-2,72	-3,03	-3,20	-3,13

Fonte: Dados da pesquisa.

***Indica o nível de significância do teste *Q Ljung-Box Q-Statistics*.

Observa-se que as variáveis IPP, câmbio e suco são integradas de ordem 1 (I1) e a série de preços da laranja é uma série estacionária. Embora a série de preços da laranja seja estacionária, optou-se por trabalhar com todas as séries na primeira diferença temporal dos logaritmos neperianos, pois, essa transformação fornece as taxas de crescimento para as variáveis, já que a taxa de crescimento é a variável utilizada nas simulações. Assim, o próximo passo foi verificar a co-integração entre as séries – Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado teste de co-integração - modelo sem constante e com duas defasagens (escolha pelo critério Schwarz)

p-r	r	Eigen Value	Traço	Traço*	Frac95	P-Value	P-Value*
4	0	0,219	63,394	60,023	63,659	0,053	0,100
3	1	0,080	24,517	22,582	42,770	0,811	0,889
2	2	0,056	11,384	10,007	25,731	0,849	0,918
1	3	0,015	2,418	2,033	12,488	0,923	0,952

Fonte: Dados da pesquisa.

O resultado do teste de co-integração mostra que não existem relações de longo prazo entre as variáveis. Dessa forma, o modelo utilizado para modelar o comportamento conjunto dos fatores de risco foi um modelo VAR com a transformação logarítmica das séries na primeira diferença.

Como produto do modelo VAR obteve-se a função de impulso resposta; os parâmetros para a taxa de crescimento dos preços da laranja (DLL), taxa de crescimento do câmbio (DLD), taxa de crescimento do preço externo do suco (DLS) e a taxa de crescimento do IPP (DLX) calculados para a matriz de relações contemporâneas que foi definida com base nas relações econômicas entre as variáveis (VAR Estrutural) e; a decomposição da variância do erro de previsão.

A partir do resultado da função impulso resposta obtiveram-se as elasticidades de impulso para 24 períodos à frente, de forma a avaliar o comportamento das variáveis em resposta a choques que possam ocorrer para todas as variáveis do sistema individualmente. Assim, foi possível obter o impacto contemporâneo e defasado entre as variáveis e verificar a estabilidade do modelo escolhido. Quando o modelo é estável, os choques se dissipam rapidamente ao longo do tempo, como pode ser observado das Figuras 18 a 21.

Figura 18 - Função impulso resposta de um choque na variável DLL – logaritmo do preço real da laranja para a indústria na primeira diferença temporal

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 19 - Função impulso resposta de um choque na variável DLX – logaritmo do índice de preços ao produtor na primeira diferença temporal

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 20 - Função impulso resposta de um choque na variável DLS – logaritmo do preço externo do suco de laranja concentrado congelado na primeira diferença temporal

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 21 - Função impulso resposta de um choque na variável DLD – logaritmo da taxa de câmbio na primeira diferença temporal

Fonte: Dados da pesquisa.

A matriz de relações contemporâneas indica a influência no período contemporâneo das variáveis: DLX, DLS e DLD sobre DLL - Figura 22. Espera-se que aumentos no IPP, no preço externo do suco e na taxa de câmbio tenham efeito positivo sobre os preços da laranja no mercado interno. Enquanto que o IPP, o preço externo do suco e a taxa de câmbio não sofrem influência de choques nas outras variáveis do sistema no período contemporâneo.

	DLL	DLS	DLX	DLD
DLL	1	-a	-b	-c
DLX	0	1	0	0
DLS	0	0	1	0
DLD	0	0	0	1

Figura 22 – Matriz de relações contemporâneas

Fonte: Dados da pesquisa.

O resultado do modelo VAR para os coeficientes da matriz de relações contemporâneas constam da Tabela 6. Observa-se que os coeficientes apresentaram o sinal esperado para o IPP, para o preço externo do suco e para a taxa de câmbio - impactando positivamente os preços no mercado interno - Tabela 6. Porém, analisando-se a significância de cada coeficiente individualmente, esta foi pequena. Embora o nível de significância para as três variáveis tenha sido baixo, é de senso comum no mercado citrícola que essas variáveis são importantes para explicar os preços da laranja no mercado interno. Por isso optou-se por incluí-las no modelo de previsão.

Tabela 6 - Estimativa da matriz de coeficientes de relações contemporâneas

Influência		Coeficiente estimado	Significância
De	Sobre		
IPP	Preço da laranja	0,050	0,69
Preço externo suco	Preço da laranja	0,145	0,85
Taxa de câmbio	Preço da laranja	0,103	0,85

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Teste de Razão-Verossimilhança para sobre identificação $\chi^2(3) = 1.3435(0.7188)$.

O modelo VAR considerado, para obter as previsões, foi um modelo com três defasagens temporal e uma matriz de relações contemporâneas conforme descrição da Tabela 6. As médias e os desvios-padrão das previsões para 228 meses à frente para as taxas de crescimento dos preços da laranja e do IPP constam da Tabela 7. Observa-se que as previsões das médias e desvios estabilizaram antes do décimo quinto passo, isso se deve a característica das séries estacionárias que tendem a estabilizar para o valor da média de longo prazo (ENDERS, 2004).

Tabela 7 - Médias e desvios-padrão das previsões do modelo VAR para 228 passos à frente - para a taxa de crescimento do preço da laranja e do IPP

Tempo	Taxa de crescimento preços laranja		Taxa crescimento IPP	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
1	-0.0604	0.0959	0.0009	0.0074
2	-0.0163	0.1152	-0.0003	0.0075
3	-0.0029	0.1188	0.0011	0.0077
4	0.0081	0.1193	0.0008	0.0077
5	0.0117	0.1200	0.0009	0.0078
6	0.0055	0.1205	0.0004	0.0078
7	0.0042	0.1207	0.0004	0.0078
8	0.0032	0.1207	0.0004	0.0078
9	0.0029	0.1207	0.0004	0.0078
10	0.0037	0.1207	0.0004	0.0078
11	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
12	0.0039	0.1207	0.0004	0.0078
13	0.0040	0.1207	0.0004	0.0078
14	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
15	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
16	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
17	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
18	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
19	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
20	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
21	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
22	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
23	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
24	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
228	0.0038	0.1207	0.0004	0.0078

Fonte: Dados da pesquisa.

As médias (previsões) e os desvios estimados com o modelo VAR foram utilizados no modelo de simulação para que fossem sorteados 10.000 valores mensais de uma distribuição normal multivariada para a taxa de crescimento dos preços da laranja e do IPP. O IPP é a taxa de referência para os custos do setor e a taxa de crescimento dos preços da laranja uma das variáveis responsáveis pela variabilidade (incerteza) da receita da atividade. O modelo VAR incorporou os impactos do comportamento da taxa de crescimento do preço externo do suco e da taxa de câmbio sobre o IPP e sobre os preços da laranja através da estimação dinâmica característica do modelo. Assim, foi possível selecionar, para fins de simulação, não apenas as variáveis que possuem relação contábil - que estão descritas nas contas do fluxo de caixa da atividade - com o retorno da atividade (VPL), mas, levando-se em conta também, através da modelagem do VAR, o efeito de variáveis que são importantes fatores de variabilidade para a determinação de custos e receitas da atividade.

Outro componente que afeta a receita da atividade é a produtividade. Não foi possível modelar o comportamento da produtividade com os dados do IEA, pois trata-se da produtividade em caixas por planta em idade produtiva - produção média anual por planta no território estadual para os pés de laranja em produção (de 3 a 19 anos de idade). Para modelar o comportamento esperado da produtividade utilizou-se dados de 2 experimentos da EMBRAPA desenvolvidos na Estação Experimental de Bebedouro. Trata-se de 72 observações para as plantas nas diferentes idades. O experimento teve início em 1990, dessa forma, os dados de produtividade refletem impacto da ação do tempo e do clima no decorrer do desenvolvimento da vida útil do pomar. Os histogramas da produtividade para cada idade da planta constam do Apêndice 1 - o histograma dos dados empíricos é um indicativo do ajuste dos dados a uma distribuição teórica de probabilidade. As distribuições da produtividade devem ser truncadas no ponto zero, pois, essa é uma variável que não aceita valores negativos. O resultado do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, a distribuição escolhida e os parâmetros estimados para as distribuições para cada idade da planta constam da Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Resultados do teste de ajustamento referente à produtividade da laranja

Idade da árvore	Estatística calculada	Distribuição escolhida	Parâmetros estimados		
			Média	Desvio	p-valor*
4 anos	0,0885	Normal	0,536	0,287	0,193
5 anos	0,0887	Normal	1,475	0,664	0,19
6 anos	0,0762	Normal	1,840	0,601	0,419
7 anos	0,0650	LogNormal ^{*1}	1,819	0,940	0,562
8 anos	0,0882	LogNormal ^{*2}	0,601	0,578	0,111
9 anos	0,0501	Mínimo extremo	3,809	0,683	0,939
10 anos	0,0871	Normal	2,523	0,836	0,211
11 anos	0,0919	Normal	1,570	0,619	0,151
12 anos	0,0939	Normal	2,493	0,744	0,129
13 anos	0,0694	Normal	2,882	1,235	0,564
14 anos	0,0687	Lognormal ^{*3}	1,507	1,141	0,431
15 anos	0,0664	Lognormal ^{*4}	1,786	0,959	0,52
16 anos	0,1065	Normal	3,071	0,735	0,046
17 anos	0,0523	Normal	3,903	1,064	0,915
18 anos	0,0523	Normal	3,903	1,064	0,915
19 anos	0,0523	Normal	3,903	1,064	0,915

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a distribuição Mínimo extremo média= valor mais provável e desvio=parâmetro de escala.

* Se $0 \leq p - valor \leq 0,01$ rejeita-se H0: Os dados empíricos provêm da distribuição teórica.

*1Parâmetro de locação para a distribuição LogNormal = 2,381.

*2 Parâmetro de locação para a distribuição LogNormal = 0,097.

*3 Parâmetro de locação para a distribuição LogNormal = 0,038.

*4 Parâmetro de locação para a distribuição LogNormal = 3,220.

Definidas as distribuições de probabilidade dos fatores de risco, o próximo passo foi sortear várias sequências de valores para esses fatores e substituí-las no fluxo de caixa mensal para obter a distribuição (histograma) do VPL e calcular o risco do investimento.

5.2 Características do investimento e rentabilidade média

A rentabilidade média para o investimento no pomar de laranjas foi calculada com base nos dados de custos disponibilizados pela ASSOCITRUS – Tabela 9.

Tabela 9 – Estrutura de custos do investimento planejado

Data	Descrição	Despesas	Aquisições
Ano-00	Aquisição de propriedade		1.200.000,00
Ano-00	Construção de edificações e benfeitorias		118.075,00
Ano-01	Custos variáveis do ano	712.929,99	306.730,00
Ano-02	Custos variáveis do ano	307.086,92	-
Ano-03	Custos variáveis do ano	326.280,17	-
Ano-04	Custos variáveis do ano	490.876,93	-
Ano -05	Custos variáveis do ano	565.891,97	-
Ano -06	Custos variáveis do ano	778.949,69	-
Ano -07	Custos variáveis do ano	825.537,16	-
Ano -08	Custos variáveis do ano	882.311,56	-
Ano -09	Custos variáveis do ano	882.311,56	-
Ano -10	Custos variáveis do ano	882.311,56	-
Ano -11	Custos variáveis do ano	882.311,56	-
Ano -12	Custos variáveis do ano	828.075,09	159.000,00
Ano -13	Custos variáveis do ano	828.075,09	49.900,00
Ano -14	Custos variáveis do ano	828.075,09	-
Ano -15	Custos variáveis do ano	828.075,09	-
Ano -16	Custos variáveis do ano	828.075,09	14.600,00
Ano -17	Custos variáveis do ano	791.917,44	-
Ano -18	Custos variáveis do ano	791.917,44	-
Ano -19	Custos variáveis do ano	791.917,44	-

Fonte: ASSOCITRUS (2009)

Nota: Na aquisição de máquinas e implementos após a implantação do pomar foram considerados o valor da máquina nova menos seu valor residual.

Os dados de custos apresentados na Tabela 9 são valores de referência para uma propriedade com as seguintes características:

- Área total da propriedade – 120 ha;
- Área com a cultura – 100 ha;
- Pomar Não irrigado;
- Número de plantas em produção por hectare – 400;
- Vida útil do pomar - 19 anos;
- Plantas – Diversas variedades;
- Espaçamento – 7,5x3,5;
- Valor médio para comercialização da caixa de laranja – R\$13,00;
- Trato cultural – consideram-se os tratamentos das principais doenças que atingem atualmente a cultura excluindo-se o *greening*, ou seja, trata-se de uma estrutura de custos de um pomar moderno;
- Produção de laranjas para processamento industrial.

Com relação à produtividade do pomar, foram considerados dados de dois experimentos desenvolvidos por pesquisadores da EMBRAPA na Estação Experimental de Bebedouro. As produtividades médias estimadas (média simples) para cada idade constam da Tabela 10. A unidade de produção possui as seguintes características:

- Região produtora – Barretos;
- Município – Bebedouro;
- Unidade produtora – Estação Experimental de Bebedouro;
- Espaçamento – 7 x 3,5;
- Variedades das plantas – Diversas;
- Data do plantio – Dezembro de 1990.

Observa-se da Tabela 10 que as produtividades médias tendem a aumentar conforme a planta fica mais velha. Para os anos 18 e 19, para os quais não foi possível obter os dados, considerou-se a mesma produtividade observada no ano 17, isto porque, segundo especialistas da

área, pode-se considerar que nos últimos três anos de produção a planta apresente produtividades semelhantes. Observa-se também que nos anos 8, 11, 14 e 15 houve uma redução da produtividade média observada, o que pode ser considerado como quebra de produção e estar associado com problemas climáticos já que este pomar não sofreu perdas significativas de produtividade por problemas relacionados com pragas e doenças.

Tabela 10 – Produtividade média considerada – valores estimados com os dados da Estação Experimental de Bebedouro

Ano	Valor médio
4	0,536
5	1,475
6	1,840
7	1,817
8	0,584
9	3,416
10	2,523
11	1,571
12	2,493
13	2,882
14	1,493
15	1,785
16	3,071
17	3,903
18	3,903
19	3,903

Fonte: Elaborada com dados da Estação Experimental de Bebedouro.

Os resultados para o VPL e a TIR – valores médios calculados a partir dos dados das Tabelas 9 e 10 e três cenários para a taxa de desconto – para as taxas de desconto de 4%, 6% e 8% ao ano estão descritos na Tabela 11. Observa-se que, caso o produtor/investidor esteja

considerando uma taxa real de retorno de 4% ao ano como custo de oportunidade para seu capital, o investimento mostra-se, em média, muito atrativo – $VPL > 0$. Considerando-se uma taxa de retorno real de 6% ao ano, o investimento continua gerando uma rentabilidade superior ao seu custo de oportunidade – VPL positivo. Considerando-se como custo de oportunidade uma taxa real de desconto de 8% ao ano, o investimento no pomar de laranjas torna-se inviável economicamente - $VPL < 0$.

Tabela 11 – Resultados do modelo para os valores médios considerados

Cenários para a taxa de real de desconto	VPL	TIR
4% a.a	R\$1.244.346,00	6.55%
6% a.a	R\$223.533,00	6.55%
8% a.a	R\$(501.284,00)	6.55%

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 23 mostra o fluxo de caixa médio gerado pelo investimento. Os resultados foram obtidos com os valores médios de preço, custo e produtividade. Pode-se observar que depois de começar a produzir (no quarto ano de vida) nos oitavo, décimo - primeiro e décimo - quarto anos o investimento no pomar de laranjas forneceu média negativa de caixa.

Figura 23 – Fluxo de caixa médio do investimento para os 20 anos de vida útil do pomar

Fonte: Dados da pesquisa.

5.3 Distribuições do VPL do projeto.

As médias (previsões) e os desvios das previsões para o preço da laranja e para o IPP foram inseridos no modelo de simulação, pois, definem a distribuição de probabilidade dos fatores de risco, além das distribuições teóricas da produtividade definidas conforme Tabela 8. Definidas as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias o próximo passo foi simular 10.000 possíveis valores para preços, custos e produtividade e calcular a distribuição do VPL e da TIR. Para os preços da laranja considerou-se uma distribuição normal multivariada com média R\$13,05 e desvio-padrão de R\$1,21. Para o IPP obteve-se uma distribuição normal multivariada com média 100 e desvio-padrão de 0,66. As distribuições dos preços foram definidas através dos resultados do modelo VAR de previsão e as distribuições de produtividade pelo teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov.

A TIR desse projeto de investimento acena com valor mínimo próximo de 4%. Há 16% de chances de se observar valores abaixo 6% para a Taxa de Retorno Esperada - TIR e a média da TIR foi de 6,6%, podendo se observar taxas acima de 7,72% com 5% de probabilidade - Figura 24. Nesse trabalho, a TIR não é utilizada como variável de decisão, mas, como uma informação importante para comparação com as taxas de retorno supostamente requeridas pelo investidor.

Figura 24 - Distribuição de probabilidade da TIR

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação ao risco do projeto, probabilidade de se obter $VPL < 0$, para cada cenário considerado para a taxa de desconto (4%, 6% e 8% ao ano) foi preciso gerar uma distribuição para o VPL.

O primeiro cenário para a taxa de desconto considera uma taxa de desconto de 4% ao ano, foram simulados 10.000 possíveis valores para preços, custos e produtividade conforme distribuições definidas nas Tabelas 7 e 8. O histograma obtido para o VPL consta da Figura 25.

Para uma taxa de desconto de 4% ao ano, há probabilidade de 0,01% de se obter VPL negativo para o investimento no pomar de laranjas. Assim, se o produtor/investidor espera uma

taxa de retorno real em torno de 4% ao ano para seu investimento, o risco desse projeto é praticamente nulo.

Figura 25 - Distribuição de probabilidade do VPL para taxa de desconto de 4% ao ano

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 26 mostra o Fluxo de caixa médio gerado pelo investimento com os resultados obtidos a partir das simulações de preço, custos e produtividade. Pode-se observar que depois de começar a produzir (no quarto ano de vida) nos oitavo, décimo - primeiro e décimo - quarto anos, o investimento no pomar de laranjas forneceu caixa negativo – similar ao observado na Figura 23, o que mostra que as médias dos valores simulados estão próximas da média observada.

Figura 26 – Fluxo de caixa para os 20 anos do investimento (em R\$) – média das simulações

Fonte: Dados da pesquisa.

O resultado do fluxo de caixa para os 20 anos de vida do investimento não é alterado por mudanças nos cenários para a taxa de desconto, pois a mesma não influencia em seu cálculo. Embora o fluxo de caixa para os anos 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18 e 19 anos sejam, em média, positivos, há possibilidade de que isso não ocorra com certa probabilidade. A Tabela 12 mostra a probabilidade de se obter fluxo de caixa positivo para os 20 anos de vida útil do pomar. Como a produção de laranja se inicia no quarto ano de vida útil do pomar os primeiros 3 anos apresentam 0% de probabilidade de se obter caixa positivo. Outros 4 anos apresentaram baixa probabilidade de se obter fluxo de caixa positivo, o quarto (9%), oitavo (5%), décimo - primeiro (27%) e décimo - quarto (35%). Os outros anos apresentaram probabilidade de se obter fluxo de caixa positivo acima de 50%, sendo os melhores anos o nono, o décimo - sexto, o décimo - sétimo, décimo - oitavo e décimo - nono, com probabilidade acima de 90%.

Tabela 12 – Probabilidade de o investimento apresentar fluxo de caixa positivo e negativo para os diversos anos de vida útil do pomar

Fluxo de caixa	Probabilidade de Fluxo de caixa > 0	Probabilidade de Fluxo de caixa < 0
Ano0	0%	100%
Ano1	0%	100%
Ano2	0%	100%
Ano3	0%	100%
Ano4	9%	91%
Ano5	72%	28%
Ano6	70%	30%
Ano7	58%	42%
Ano8	5%	95%
Ano9	95%	5%
Ano10	83%	17%
Ano11	27%	73%
Ano12	86%	14%
Ano13	86%	14%
Ano14	35%	65%
Ano15	54%	46%
Ano16	97%	3%
Ano17	98%	2%
Ano18	98%	2%
Ano19	99%	1%

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do modelo empírico pode-se observar que o gerenciamento do risco da atividade implica no gerenciamento do fluxo de caixa da atividade, pois, o fluxo de caixa é afetado pelos fatores de risco que geram incerteza sobre o investimento, podendo causar falta de recursos um ano qualquer. A falta de recursos num dado ano, ou seja, a existência de fluxos de caixa

negativos é conhecida como risco de liquidez e pode causar o endividamento do produtor. A Tabela 12 informa as probabilidades de se obter caixa negativo para os diversos anos de vida útil do investimento. O produtor/investidor deve ter em conta que os quatro primeiros anos são anos em que o pomar estará em formação e devem ser considerados como o período de investimento inicial, a partir do quarto ano reduz-se a probabilidade de caixa negativo, exceto em anos que possam ocorrer quebra de produção por problemas climáticos, reduzindo a produção e levando o produtor a passar por dificuldades financeiras. Nesses anos, o resultado financeiro pode apresentar alta probabilidade de ser negativo, como no oitavo ano, por exemplo. Em anos como esse, de condições desfavoráveis, o produtor necessitará de recursos disponíveis para se manter na atividade.

A distribuição acumulada é uma informação importante sobre o nível de risco sobre o fluxo de recursos do investimento. Os resultados da distribuição acumulada do fluxo de caixa (a preços do ano 0) apresentada na Tabela 13 indicam, por exemplo, que no ano 4, caixas inferiores a -R\$460.447,45 ocorrerão com probabilidade de 5%; inferiores a -R\$400.560,70 com 10%, inferiores a -R\$208.000,00 com 50%. Notar que no ano 9 esses limites seriam todos positivos: em particular, o valor superior do quartil de 5% é de R\$32.310,80. Casos semelhantes são os anos de 16 em diante.

Tabela 13 – Limites da distribuição acumulada dos fluxos esperados de caixa correspondentes aos quartis de 5%, 10% e 50 de probabilidade – em R\$ do ano 0

Fluxo de caixa	Probabilidade de fluxo de caixa < 0		
	5%	10%	50%
Investimento inicial			
– 0 a 3 anos			
Ano4	(460.447,45)	(400.560,70)	(208.000,00)
Ano5	(369.655,88)	(254.011,89)	185.435,28
Ano6	(357.233,83)	(224.790,39)	172.539,93
Ano7	(586.363,29)	(466.332,79)	53.799,37
Ano8	(842,830,74)	(803,391,12)	(645,632,64)
Ano9	32,310,80	277,088,99	929,830,82
Ano10	(299,033,32)	(150,236,40)	415,191,89
Ano11	(744,889,94)	637,633,15)	(230,057,33)
Ano12	(212,922,84)	(88,001,46)	411,684,05
Ano13	(372,769,95)	(172,608,23)	678,079,10
Ano14	(619,166,19)	(564,771,54)	(184,008,97)
Ano15	(609,884,88)	(488.523,96)	37.373,36
Ano16	106.338,90	247.967,25	757.829,32
Ano17	297.259,86	512.305,56	1.243.460,91
Ano18	288.357,30	472.697,15	1.210.056,52
Ano19	1.614.250,85	1.821.691,96	2.526.991,74

Fonte: Dados da pesquisa.

Como segundo cenário para a taxa de desconto considerou-se uma taxa de desconto de 6% ao ano. Foram simulados 10.000 possíveis valores para preços, custos e produtividade conforme distribuições definidas nas Tabelas 7 e 8. O histograma obtido para o VPL consta da Figura 27.

Figura 27 - Distribuição de probabilidade VPL para taxa de desconto de 6% ao ano

Fonte: Dados da pesquisa.

Para uma taxa de desconto de 6% ao ano, há 16% de probabilidade de se obter VPL negativo para o investimento no pomar de laranjas.

Considerando-se uma taxa de desconto de 8% ao ano (cenário 3), foram simulados 10.000 possíveis valores para preços, custos e produtividade conforme distribuições definidas nas Tabelas 7 e 8. O histograma obtido para o VPL consta da Figura 28.

Figura 28 - Distribuição de probabilidade VPL para taxa de desconto de 8% ao ano

Fonte: Dados da pesquisa.

Para uma taxa de desconto de 8% ao ano, há 97% de probabilidade de se obter VPL negativo para o investimento no pomar de laranjas.

A rentabilidade do investimento se mostrou muito sensível a mudanças nos cenários considerados para a taxa de desconto. O investimento se apresentou viável economicamente para uma taxa de 4% ao ano, com 0,01% de probabilidade de se obter VPL menor que zero; já, para uma taxa de desconto de 6% ao ano há 16% de chances de se obter $VPL < 0$; e, para uma taxa de desconto de 8% ao ano, o investimento passa a ser inviável economicamente apresentando apenas 3% de chances de se obter $VPL > 0$.

Definido o nível de risco para o investimento, o produtor/investidor, decidindo levar adiante o investimento planejado, necessitará de instrumentos e estratégias de mitigação para o risco assumido. Nessa tese, faz-se uma sugestão de estratégia para a mitigação do risco que é a estratégia de provisionamento. Provisão significa criar um fundo com recursos para proteção contra riscos sobre perdas esperadas. Na próxima subseção descreve-se com detalhes quando e quanto provisionar para o investimento em estudo.

5.4 Provisão

Segundo Harwood et al. (1999), a estratégia de mitigação de riscos mais utilizada pelos grandes produtores americanos é manter dinheiro em caixa para momentos de dificuldade e/ou boas oportunidades de negócio. Essa estratégia de manter uma reserva em dinheiro é conhecida como provisão. A provisão é uma reserva de um valor para atender as despesas esperadas, ou seja, visa à cobertura de um gasto considerado certo ou com certa possibilidade de ocorrência. Pode-se considerar a provisão como um fundo de proteção contra riscos sobre perdas esperadas.

A estratégia de provisão como gerenciamento dos riscos do projeto de investimento, nesta tese, está baseada em Barros (2010). O produtor pode se perguntar qual o volume de recursos necessários, em cada ano, para manter o risco de fluxo de caixa negativo (risco de liquidez) em torno de 5% de probabilidade – quando e quanto provisionar? Assim, uma forma de gerenciar o risco de caixa seria manter uma reserva em uma conta bancária (provisão de recursos = P) para utilizar em anos desfavoráveis. Caso não necessite utilizar a reserva durante a vida útil do investimento, o produtor, ao final do investimento terá, além do retorno proporcionado pelo investimento no pomar, também uma reserva financeira no valor de $P(1+r)^t$, com P representando o volume de recursos em provisionamento; r a taxa de juros de mercado (usada para desconto do fluxo de caixa) e t o período (em anos) que a reserva permanecerá aplicada. Para o projeto considerado nesta tese, calculou-se a provisão apenas para a taxa de desconto de 6% ao ano, já que à 4% o risco de se obter $VPL < 0$ é próximo de 0 e para 8% o projeto se torna inviável economicamente. O valor a provisionar, conforme procedimento sugerido acima é de R\$358.000 (risco de $VPL < 0$).

Outra forma de calcular o valor da provisão levando em conta o risco de liquidez é utilizar o valor para determinado nível crítico do histograma das receitas líquidas (operacional) capitalizadas e acumuladas. Pode-se utilizar esse procedimento para o cálculo da provisão para projetos com $E(VPL) \geq 0$ e que possam apresentar estrangulamentos de caixa (fluxo de caixa < 0 para alguns anos durante a execução do projeto). Neste caso, para um nível de 5% de confiança, o valor presente da provisão seria de R\$485.000,00. Provisionando este valor o produtor estaria protegido contra a ocorrência de 95% dos possíveis valores negativos das receitas líquidas acumuladas capitalizadas. Caso não ocorra deficiência de caixa durante a execução do projeto, o

produtor contaria, no final do prazo de vida útil do projeto, com mais uma reserva de R\$1.468.000,00 (Figura 29).

Figura 29 – Histograma das receitas líquidas acumuladas capitalizadas negativas

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme tratado em Barros¹² o valor da provisão que elimina os fluxos negativos de certa simulação também eliminará os fluxos de VPL negativos. Ou seja, a provisão de R\$485.000,00 cobrirá 95% de todos os casos de deficiência de caixa e fará com que aqueles com $VPL < 0$ deixem de sê-lo. Pode-se observar que o valor da provisão pode diferir dependendo do procedimento adotado. Porém, o montante a provisionar depende dos recursos que o investidor disponha-se a aplicar a mais no projeto ou qual o limite de crédito com que ele pode contar para cobrir suas deficiências de caixa. Fixado esse valor, os dados da simulação indicarão a probabilidade desse valor ser ou não suficiente para evitar que problemas de caixa. A probabilidade varia no decorrer da execução do projeto, de sorte que o investidor poderá planejar a formação dos fundos adicionais de provisão. O importante é conhecer o valor presente da provisão para escolher aquele que seja suportável do ponto de vista do dispêndio que o produtor terá que fazer no início do investimento.

¹² BARROS, G.S.A.C. **Cálculo da provisão em projetos sob risco**. Texto para uso dos pesquisadores do CEPEA e alunos da ESALQ-USP.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente atual para o produtor de laranja tem sido muito desafiador. A relação entre produtores e indústria processadora está desgastada pela concentração do setor e pela denúncia de formação de cartel, que tramita desde 1999 no órgão de defesa da concorrência, e, como consequência, intermináveis tentativas de negociar um contrato para o preço da caixa que não onere o produtor. Dentro da porteira os velhos e novos problemas relacionados com a disseminação de doenças como o cancro cítrico, morte súbita, *greening* e CVC; a pressão sobre os custos, principalmente para os fertilizantes que seguem a valorização cambial e a competição por terra, principalmente com a cana-de-açúcar, potencializam a migração da cultura para novas regiões dentro e fora do estado de São Paulo. Todos esses são fatores de incerteza para a sustentabilidade da atividade.

A análise do investimento no pomar de laranja mostrou que os principais fatores de risco para a citricultura são os preços recebidos pela fruta, os preços pagos pelos insumos e a produtividade das plantas. A rentabilidade do investimento se mostrou muito sensível a mudanças nos cenários considerados para a taxa de desconto. O investimento se apresentou viável economicamente para uma taxa de desconto de 4% ao ano, com 0,01% de chances de se obter $VPL < 0$; já, para uma taxa de desconto de 6% ao ano há 16% de chances de se obter $VPL < 0$; e, para uma taxa de desconto de 8% ao ano, o investimento passa a ser inviável economicamente apresentando apenas 3% de chances de se obter $VPL > 0$.

Pela abordagem usada neste trabalho, o gerenciamento do risco da atividade significa gerenciamento do Fluxo de Caixa da atividade, sendo que o fluxo de caixa é afetado pelos fatores de risco que geram incerteza sobre o investimento.

A rentabilidade média estimada para o investimento, com base nos dados de custos da ASSOCITRUS e de produção de um experimento da EMBRAPA realizado na Estação Experimental de Bebedouro, foi de 6,6% ao ano, sendo que a produção de laranja se inicia no quarto ano de vida útil do pomar. Assim, os primeiros 4 anos apresentam fluxo de caixa positivo. Outros 4 anos apresentam baixa probabilidade de se obter fluxo de caixa positivo, o quarto (9%), oitavo (5%), décimo primeiro (27%) e décimo quarto (35%). Os outros anos apresentaram probabilidade de se obter fluxo de caixa positivo acima de 50%, sendo os melhores anos o nono, o décimo sexto, décimo sétimo, décimo oitavo e décimo nono, com probabilidade acima de 90%.

Ou seja, embora a rentabilidade média esperada tenha se apresentado remuneradora, o produtor necessitará de recursos para suportar os anos de caixa negativo ou que possuam alta probabilidade de resultado negativo.

A decisão do produtor de investir no pomar e assumir os riscos envolvidos no processo de produção e comercialização da laranja deve ser tomada levando-se em conta os riscos envolvidos no investimento. Além da rentabilidade média esperada, precisam ser levantados os riscos envolvidos no negócio, devendo o produtor desenvolver instrumentos para mitigar os riscos, caso se configurem excessivos (altas probabilidades de perdas elevadas). Considerando-se que outras alternativas já tenham sido esgotadas (ex. diversificar sua produção, renegociar contratos físicos, *hedge* no mercado futuro, seguros de produção contra pragas e doenças e eventos climáticos danosos), resta ao produtor valer-se de um sistema de provisão contra prejuízos e deficiências de caixa. O produtor poderia ainda comparar os custos da provisão aos de outros mecanismos de prevenção de riscos.

Com relação ao programa de provisionamento como forma de gerenciar os riscos do projeto, foram sugeridos dois procedimentos para o cálculo da provisão, um baseado no risco de $VPL < 0$ e outro na distribuição das receitas líquidas acumuladas capitalizadas negativas. Pode-se observar que o valor da provisão pode diferir dependendo do procedimento adotado, sendo de R\$358.000 (método do VPL) e de R\$485.000,00 (método da RLCA). Este segundo valor incorpora o controle de ambos os tipos de riscos. O produtor estaria, portanto, precavendo-se contra 95% das ocorrências de deficiência de caixa e respectivos efeitos sobre a rentabilidade do projeto ($VPL < 0$) se aplicasse R\$485.000,00 em alternativa segura, rendendo a taxa de 6% ao ano. Esse montante corresponde a 17% dos investimentos do ano 0 ao ano 3.

Quanto às limitações da pesquisa, há que se ter em conta que as simulações foram realizadas em função das condições iniciais do projeto de investimento, onde, foram considerados preços da laranja e custos a preços do final de 2007 e início de 2008 e a variabilidade histórica mensal desde outubro/1994. Dessa forma, a faixa de preços obtida pelas previsões do modelo VAR foi otimista, pois, os preços mais recentes têm maior peso nas estimativas do modelo. No início de 2009 observou-se no mercado à vista preços abaixo de R\$5,00 a caixa de 40,8 quilos no período de entressafra. A manutenção de preços tão baixos no mercado tem um efeito perverso sobre os produtores, podendo retirá-los da atividade, já que preços nesses níveis são insuficientes para cobrir o custo de produção. De forma a tentar evitar momentos como este, de desvalorização

da atividade, entidades de classe têm negociado com o poder público a criação de um preço mínimo para a caixa da laranja ao nível de R\$13,00 a caixa de 40,8 quilos.

Com relação à produtividade, embora os dados utilizados sejam de um experimento real, trata-se de um pomar monitorado em todos os anos de vida útil pelos pesquisadores da EMBRAPA, o que pode explicar os ganhos crescentes de produtividade, salvo em anos de condições climáticas desfavoráveis.

Embora tenha-se utilizado de dados de custos e produtividade referentes a Bebedouro, alguns produtores podem não se identificar com os resultados do trabalho. Há que se ter em conta, no entanto, que na análise envolvendo risco, utiliza-se intensivamente de modelos econométricos e estatísticos e, por consequência, os resultados mostram valores aproximados da realidade. Nesse trabalho, além da média, trabalhou-se com a distribuição de frequência da rentabilidade do investimento (VPL). Os valores estimados foram submetidos à análise de especialistas da área para validação dos resultados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABUSSAMRA, L.F. **Gestão de riscos no agronegócio**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/noticias>>. Acesso em: 14 jan. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CITRICULTORES - ASSOCITRUS. **Notícias**. Disponível em: <<http://www.associtrus.com.br>>. Acesso em: 10 jun. 2008a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CITRICULTORES – ASSOCITRUS. **Downloads**. Disponível em: <<http://www.associtrus.com.br/artigos>>. Acesso em: 10 mar. 2008b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS - ABECITRUS. **Estatísticas**. 2008a. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br/>>. Acesso em: 7 set. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS - ABECITRUS. **Estudos e palestras**. 2008b. Disponível em: <http://www.abecitrus.com.br/estudos_br.html#pal_imprensa07>. Acesso em: 30 maio 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS - ABECITRUS. **História da laranja**. 2008c. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br/historia>>. Acesso em: 31 jan. 2008.
- AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. **Análise econômica de projetos**: “software” para situações deterministas e de risco envolvendo simulação. 1988. 127 p. Dissertação (Mestrado em Economia Agrária) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- BARROS, G.S.A.C. Brazil: the challenges in becoming an agricultural superpower. In: BRAINARD, L.; MARTINEZ-DIAS, L. (Ed.). **Brazil as an economic superpower? Understanding Brazil's changing role in the global economy**. Washington, DC: Brookings Institution Press, 2009. p. 81-109.
- BAUMAN, J.; SARATORE, S.; LIDDLE, W. Practical framework for corporate exposure management. In: BROWN, G.; CHEW, D. (Ed.). **Corporate risk: strategies and management**. London: Risk Publications, 1999.
- BERNANKE, B. **Alternative explanations of money-income correlation**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1986. 62 p. (NBER Working Paper, 1842).
- BOTEON, M. **Cadeia agroindustrial de citros**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/citros/cadeia_citros.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2008.
- BRAGA, D.; BOTEON, M. Especial citros: sustentabilidade econômica. **Hortifrutíbrasil**, Piracicaba, n. 68, maio 2008. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/>>. Acesso em: 2 jun. 2008.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. **Comércio exterior**. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2008.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. Piracicaba: ESALQ, 1979. 343 p.

CASER, D.V.; AMARO, A.A. Evolução da produtividade na citricultura paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 10, p. 7-12, out. 2004. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/ieant.php>>. Acesso em: 20 set. 2006.

CASTRO, A. **Gerenciamento de risco de mercado para produtores de commodities no Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Administração) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2002.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Citros**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/citros>>. Acesso em: 20 set. 2008.

CRYSTAL B. **Oracle Corporation**. Disponível em: <<http://www.oracle.com/crystalball/index.html>>. Acesso em: 20 mar. 2008.

DAMODARAN, A. **Simulations, decision trees and scenario analysis in valuation**. Disponível em: <<http://www.pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>>. Acesso em: 30 jan. 2009.

DIKEY, D.A.; FULLER, W.A. Distribution of the estimator for auto-regressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 74, n. 366, p. 427-431, June 1979.

DIKEY, D.A.; FULLER, W.A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, Princeton, v. 49, n. 4, p. 1057-1072, July 1981.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, 2004. 433 p.

ENDERS, W. **RATS Handbook for econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 204 p.

ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J. Co-integration and error-correction: representation, estimation and testing. **Econometrica**, Princeton, n. 55, p. 251-276, 1987.

FAO. **Citrus commodity notes: developments in international citrus trade 2005-2006**, Disponível em: <[http://www.fao.org/es/esc/en/20953/20990/highlight 28187en.htm](http://www.fao.org/es/esc/en/20953/20990/highlight%2028187en.htm)>. Acesso em: 8 mar. 2008.

FERNANDES, N.G. Combate ao greening em citros necessita de legislação específica. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 40-43, jul./dez. 2004.

FIGUEIREDO, M.G. **Retorno econômico dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P & D) na citricultura paulista**. 2008. 153 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FLORIDA AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE - FASS. **Citrus summary 2007-08**. Florida, 2008. 55 p. Disponível em: http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Florida/Publications/Citrus/cs/2007-08/cs0708all.pdf. Acesso em: 10 fev. 2009.

FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE - FAS. **Citrus situation 2004/05**. Washington, 2005. 8 p. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/http/horticulture/citrus.html>. Acesso em: 7 set. 2006.

_____. **Citrus situation 2005/06**. Washington, 2006a. 8 p. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/http/horticulture/citrus.html>. Acesso em: 6 set. 2006.

_____. **Orange juice situation 2005/06**. Washington, 2006b. 3 p. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/http/horticulture/citrus.html>. Acesso em: 13 set. 2006.

FULLER, W.A. **Introduction to statistical time series**. New York: John Wiley & Sons, 1976. 424 p.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **FGVdados**. Disponível em: <http://www.fgvdados.fgv.br/index.asp>. Acesso em: 22 mar. 2008.

FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA - FUNDECITRUS. **Doenças e pragas**. Disponível em: http://www.FUNDECITRUS.com.br/doencas/dpragas_br.html. Acesso em: 13 set. 2007.

FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA – FUNDECITRUS. **Doenças**. Disponível em: <http://www.FUNDECITRUS.com.br>. Acesso em: 12 maio 2009.

GARCIA, S. Doença do greening ameaça futuro da citricultura brasileira. **Notícias**. Disponível em: <http://www.canalrural.com.br/noticias>. Acesso em: 9 fev. 2009.

GOLDSTEIN, U. Custos de implantação e amortização de sistemas de irrigação localizada em citrus. In: SIMPÓSIO DE CITRICULTURA IRRIGADA, 2006, Bebedouro. **Palestras...** Disponível em: <http://www.gtacc.com.br/>. Acesso em: 10 out. 2006.

GONZALEZ, M. **Oportunidades e desafios para a laranja**. São Paulo: Rabobank, 2007. 38 p.

GUILLARDI, A.A. Abordagem de custo de produção em citros. In: SEMANA DE CITRICULTURA, 18., 2006, Cordeirópolis. **Resumos...** Cordeirópolis: Centro APTA Citros 'Silvio Moreira'/ Instituto Agronômico de Campinas, 2006. Disponível em: <http://www.centro.de.citricultura.br>. Acesso em: 10 maio 2009.

GUILLARDI, A.A.; MAIA, M.L.; AMARO, A.A.; NEGRI, J.D.D. Citricultura paulista: exigência física de fatores de produção, estimativa de custo, e evolução das técnicas agrícolas.

Informações Econômicas, São Paulo, v. 32, n. 9, set. 2002. Disponível em:

<<http://www.iaa.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=28>>. Acesso em: 7 set. 2006.

HAMILTON, J. **Time series analysis**. New Jersey: Princeton University Press, 1994. 541 p.

HARWOOD, J.; HEIFNER, R.; COBLE, K.; PERRY, J.; SOMWARU, A. **Managing risk in farming**: concepts, research, and analysis. Washington: USDA, Market and Trade Economics and Resource Economics Division, Economic Research Service, 1999. 774 p. (Agricultural Economic Report).

HAYT, G.; SONG, S. Handle with sensitivity. **Risk Magazine**, London, v. 8, n. 9, p. 94-99, 1995.

HERTZ, D.B. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, Boston, v. 42, n. 1, p. 95-106, Jan./Feb. 1964.

INTERCONTINENTAL EXCHANGE - ICE FUTURES. **Market data**. Disponível em:

<<https://www.theice.com>>. Acesso em: 15 set. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **SIDRA**: banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 31 jan. 2008.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Banco de dados**. Disponível em:

<<http://www.iaa.sp.org.br>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, Boston, n.12, p. 231-254, 1988.

KIM, J.; MALZ, A.M.; MINA, J. **Long run technical document**. New York: Riskmetrics Group, 1999. Disponível em: <<http://www.riskmetrics.com>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

LEE, A.Y. **Corporate metrics technical document**. New York: Riskmetrics Group, 1999.

Disponível em: <<http://www.riskmetrics.com>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

LJUNG, G.M.; BOX, G.E.P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, Oxford, n. 65, p. 297-303, 1978.

LOPES, M.V. **Mapas de zonas de riscos de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo**. 2007. 127 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

LOPES, S.A.; LARANJEIRA, F.F.; BERGAMIM-FILHO, A. Clorose variegada: perdas anuais de US\$100 milhões. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 40-43, jul./dez. 2004.

MASSARI, C.A. Cancro cítrico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, 2001.

MURARO, R.P.; MALUGEN, J.C. Citrus price/return analysis: an examination of investment returns to citrus in a citrus canker and greening environment. In: SPREEN, T.H.; BARBER, R.E.

Jr.; BROWN, M.G.; HODGES, A.W.; MALUGEN, J.C.; MULKEY, W.D.; MURARO, R.P.; NORBERG, R.P.; RAHMANI, M.; ROKA, F.M.; ROUSE, R.E. **An economic assessment of the future prospects for the Florida citrus industry**. Disponível em:

<<http://www.floridajuice.ifas.ufl.edu/pubs/EconAssessment.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

NEVES, M.F.; JANK, M.S. (Org.). **Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil**. 2006. Disponível em:

<http://www.pensa.org.br/downloads/Agenda_Citrus_2015_PENSAICONE.pdf>.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F. **Estratégias para laranja no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 225 p.

NEVES, M.F.; TROMBIN, V.G.; LOPES, F.F. **Uma agenda de competitividade para a indústria paulista: sistema agroindustrial da laranja**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2008b. 113 p.

NICKOLSON, W. **Microeconomic theory: basic principles and extensions**. 8. ed. Mason: Thomson Learning Inc., 2002. 748 p.

PAES, A.R.; ESPERANCINI, M.S.T. Análise de rentabilidade da citricultura da região Sul paulista, sob condições de risco, em três densidades de plantio. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/revistaenergia>>. Acesso em: 4 out. 2007.

PEROBELLI, F.F.; SECURATO, J.R. Modelo para medição do fluxo de caixa em risco: aplicação a distribuidoras de energia elétrica. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 45, n. 4, p. 50-65, out./dez. 2005.

QUEIROZ, J.A. **Aplicação do valor em risco (VaR), do modelo de precificação dos ativos de capitais (CAPM) e da teoria de precificação por arbitragem (APT) na avaliação econômica dos projetos de investimento em condições de risco**. 2001. 246 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Corporate finance**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1995. 899 p.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JORDAN, B.D. **Princípios de administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 523 p.

SECURATO, J.R. **Cálculo financeiro das tesourarias**. 3. ed. São Paulo: Saint Paul Editora, 2005. 421 p.

SHAPIRO, A.; TITMAN, S. An integrated approach to corporate risk management. In: BROWN, G.; CHEW, D. **Corporate risk: strategies and management**. London: Risk Publications, 1999.

SIMS, C.A. Are forecasting models usable for policy analysis? **Federal Bank of Minneapolis Review**, Minneapolis, p. 3-16, 1986.

SIMS, C.A. Macroeconomic and reality. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 48, n. 1, p. 1-49, Jan. 1980.

STEIN, J.; USHER, S.; LAGATTUTA, D.; YOUNGEN, J.A. A comparables approach to measuring cashflow-at-risk for non-financial firms. **Journal of Applied Corporate Finance**, New York, v.13, n. 4, p. 8-17, 2001.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Risk management**. May 2006. Disponível em: <http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/_s.7_0_A/7_0_1UH?contentidonly=true&contentid=2006/05/0153.xml>. Acesso em: 20 fev. 2008a.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **World agricultural production**. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 20 mar. 2009.

UNITED STATES. Department of Labor. **Bureau of labor statistics**. Disponível em: <<http://www.bls.gov/news.release/ppi.toc.htm>>. Acesso em: 20 out. 2008b.

VARANDA NETO, J. Determinação do valor em risco em empresas não-financeiras: estudo de caso de empresa geradora de energia. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO - SEMEAD, 8., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA/USP, 2005. p. 1-13.

VARIAN, H.R. **Microeconomia**: princípios básicos. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 778 p.

VERMEULEN, E. **Corporate risk management**: a multi-factor approach. Amsterdam: Thesis Publishers, 1994.

VOSE, D. **Quantitative risk analysis**: a guide to Monte Carlo simulation modeling. West Sussex: John Wiley & Sons, 1996. 729 p.

APÊNDICE

APÊNDICE – Histograma da produtividade das plantas para os diversos anos

Figura 30 – Histograma da produtividade das plantas com 4 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

Figura 31 – Histograma da produtividade das plantas com 5 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

Figura 32 – Histograma da produtividade das plantas com 6 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

Figura 33 – Histograma da produtividade das plantas com 7 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 34 – Histograma da produtividade das plantas com 8 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 35 – Histograma da produtividade das plantas com 9 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 36 – Histograma da produtividade das plantas com 10 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 37 – Histograma da produtividade das plantas com 11 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 38 – Histograma da produtividade das plantas com 12 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 39 – Histograma da produtividade das plantas com 13 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 40 – Histograma da produtividade das plantas com 14 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 41 – Histograma da produtividade das plantas com 15 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,2 caixa/planta.

Figura 42 – Histograma da produtividade das plantas com 16 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

Figura 43 – Histograma da produtividade das plantas com 17 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

Figura 44 – Histograma da produtividade das plantas com 18 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

Figura 45 – Histograma da produtividade das plantas com 19 anos de idade – em caixas/planta

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Intervalo entre as classes de aproximadamente 0,1caixa/planta.

ANEXOS

ANEXO A - Fluxo de caixa da cultura da laranja: da implantação à reforma do pomar. Propriedade com 100 ha (continua)

Discriminação	Anos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Componentes de custos										
1. Custos fixos totais	42,338.93	26,923.45	30,515.84	26,873.14	136,910.32	137,814.98	138,305.88	140,532.74	140,532.74	140,532.74
1.1. Depreciação de edificações e cercas	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95	4,078.95
1.2. Depreciação de tratores, máquinas e veículos	34,202.48	18,787.00	22,379.39	18,736.69	19,669.00	20,573.66	21,064.55	23,291.41	23,291.41	23,291.41
1.3. Depreciação de equipamentos e benfeitorias	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50	4,057.50
1.4. Depreciação da cultura					109,104.88	109,104.88	109,104.88	109,104.88	109,104.88	109,104.88
1.5. Depreciação da irrigação		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Custos variáveis totais	712,929.99	307,086.92	326,280.17	490,876.93	565,891.97	778,949.69	825,537.16	882,311.56	882,311.56	882,311.56
2.1. Custos variáveis indiretos	87,552.50	64,264.04	69,839.67	88,032.58	99,471.35	125,250.85	127,427.26	130,435.47	130,435.47	130,435.47
2.1.1. Impostos e outras contribuições			3,890.00	15,560.00	23,340.00	38,900.00	38,900.00	38,900.00	38,900.00	38,900.00
2.1.2. Despesas administrativas	36,766.28	14,100.09	15,656.06	22,329.85	25,959.87	36,148.49	38,310.01	41,242.20	41,242.20	41,242.20
2.1.3. Energia elétrica	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40	2,294.40
2.1.4. Salários e encargos	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29	47,204.29
2.1.5. Seguro sobre máquinas e implementos	1,287.53	665.26	794.92	644.05	672.79	703.67	718.56	794.58	794.58	794.58
2.2. Custos variáveis diretos	625,377.50	242,822.88	256,440.50	402,844.35	466,420.63	653,698.84	698,109.90	751,876.09	751,876.09	751,876.09
2.2.1. Insumos	373,010.75	169,334.33	167,149.26	243,216.34	249,146.78	324,104.49	367,358.68	415,412.87	415,412.87	415,412.87
2.2.1.1. Acaricidas	4,317.57	8,282.12	14,279.21	26,122.59	36,169.74	48,226.32	60,282.90	72,339.48	72,339.48	72,339.48
2.2.2.2. Inseticidas	26,895.21	100,114.44	24,903.53	33,280.67	43,261.34	29,048.06	35,539.98	42,031.90	42,031.90	42,031.90
2.2.2.3. Fungicidas	0.00	0.00	21,917.70	31,311.00	43,835.40	56,359.80	75,146.40	93,933.00	93,933.00	93,933.00
2.2.2.4. Corretivos e fertilizantes	134,393.17	50,492.01	98,906.58	143,742.73	116,764.14	179,558.63	190,277.72	200,996.81	200,996.81	200,996.81
2.2.2.5. Mudas	204,700.00	7,200.00	4,978.40	5,513.60	5,870.40	6,584.00	1,784.00	1,784.00	1,784.00	1,784.00
2.2.2.6. Herbicidas	2,704.80	3,245.76	2,163.84	3,245.76	3,245.76	4,327.68	4,327.68	4,327.68	4,327.68	4,327.68
2.2.2.7. E E irrigação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.2.2. Manutenção de benfeitorias e equipamentos	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25
2.2.3. Manutenção de maquinários	33,331.64	18,443.76	22,104.93	18,526.40	19,500.13	20,423.21	20,947.06	23,219.26	23,219.26	23,219.26
2.2.4. Manutenção da irrigação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.2.5. Manutenção de edificações e cercas	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00
2.2.6. Óleo diesel e combustíveis	55,210.84	29,135.93	35,312.55	27,559.35	29,231.48	30,628.89	31,261.91	34,701.71	34,701.71	34,701.71
2.2.7. Colheita e frete da produção			27,500.00	110,000.00	165,000.00	275,000.00	275,000.00	275,000.00	275,000.00	275,000.00
2.2.8. Pagamento a terceiros - Máquinas	38,920.00									
2.2.9. Pagamento a terceiros - mão de obra	121,362.02	22,366.61	831.51	-						
3. Remuneração anual do capital fixo	14,280.35	14,280.35	14,280.35	14,280.35	63,377.54	63,377.54	63,377.54	63,377.54	63,377.54	63,377.54
3.1. Máquinas e Implementos	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10	10,738.10
3.2. Edificações e cercas	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00	2,325.00
3.3. Benfeitorias e equipamentos	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25	1,217.25
3.4. Cultura					49,097.20	49,097.20	49,097.20	49,097.20	49,097.20	49,097.20
3.5. Irrigação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4. Remuneração anual do valor da terra	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61	66,406.61
4.1 Remuneração do capital variável	0.00	0.00	0.00	0.00						
5. Custo operacional total	755,268.92	334,010.37	356,796.01	517,750.07	702,802.30	916,764.67	963,843.04	1,022,844.30	1,022,844.30	1,022,844.30
6. Custo de oportunidade do uso do capital	80,686.96	80,686.96	80,686.96	80,686.96	129,784.15	129,784.15	129,784.15	129,784.15	129,784.15	129,784.15
7. Custo econômico ou total	835,955.88	414,697.33	437,482.96	598,437.02	832,586.45	1,046,548.83	1,093,627.19	1,152,628.45	1,152,628.45	1,152,628.45
8. Receitas			130,000.00	520,000.00	780,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00	1,300,000.00
9. Resultados										
9.1. Entrada de caixa (receita - custos variáveis)	(712,929.99)	(307,086.92)	(196,280.17)	29,123.07	214,108.03	521,050.31	474,462.84	417,688.44	417,688.44	417,688.44
9.2. Lucro operacional (receita - custos operacionais)	(755,268.92)	(334,010.37)	(226,796.01)	2,249.93	77,197.70	383,235.33	336,156.96	277,155.70	277,155.70	277,155.70
9.3. Lucro econômico (receita - custos econômicos ou totais)	(835,955.88)	(414,697.33)	(307,482.96)	(78,437.02)	(52,586.45)	253,451.17	206,372.81	147,371.55	147,371.55	147,371.55
Lucro Economico Por ha	(3,634.59)	(1,803.03)	(1,336.88)	(341.03)	(228.64)	1,101.96	897.27	640.75	640.75	640.75

ANEXO A - Fluxo de caixa da cultura da laranja: da implantação à reforma do pomar. Propriedade com 100 ha (conclusão)

Discriminação Componentes de custos	Anos								
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Custos fixos totais	140532.7371	140532.7371	140532.7371	140532.7371	140532.7371	140532.7371	140532.7371	140532.7371	140532.7371
1.1. Depreciação de edificações e cercas	4078.947368	4078.947368	4078.947368	4078.947368	4078.947368	4078.947368	4078.947368	4078.947368	4078.947368
1.2. Depreciação de tratores, máquinas e veículos	23291.41006	23291.41006	23291.41006	23291.41006	23291.41006	23291.41006	23291.41006	23291.41006	23291.41006
1.3. Depreciação de equipamentos e benfeitorias	4057.5	4057.5	4057.5	4057.5	4057.5	4057.5	4057.5	4057.5	4057.5
1.4. Depreciação da cultura	109104.8796	109104.8796	109104.8796	109104.8796	109104.8796	109104.8796	109104.8796	109104.8796	109104.8796
1.5. Depreciação da irrigação	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Custos variáveis totais	882311.5602	828075.0896	828075.0896	828075.0896	828075.0896	828075.0896	791917.4425	791917.4425	791917.4425
2.1. Custos variáveis indiretos	130435.4686	125767.4686	125767.4686	125767.4686	125767.4686	125767.4686	122655.4686	122655.4686	122655.4686
2.1.1. Impostos e outras contribuições	38900	34232	34232	34232	34232	34232	31120	31120	31120
2.1.2. Despesas administrativas	41242.19685	41242.19685	41242.19685	41242.19685	41242.19685	41242.19685	41242.19685	41242.19685	41242.19685
2.1.3. Energia elétrica	2294.4	2294.4	2294.4	2294.4	2294.4	2294.4	2294.4	2294.4	2294.4
2.1.4. Salários e encargos	47204.2872	47204.2872	47204.2872	47204.2872	47204.2872	47204.2872	47204.2872	47204.2872	47204.2872
2.1.5. Seguro sobre máquinas e implementos	794.5845523	794.5845523	794.5845523	794.5845523	794.5845523	794.5845523	794.5845523	794.5845523	794.5845523
2.2. Custos variáveis diretos	751876.0916	702307.621	702307.621	702307.621	702307.621	702307.621	669261.9739	669261.9739	669261.974
2.2.1. Insumos	415412.8672	398844.3966	398844.3966	398844.3966	398844.3966	398844.3966	387798.7496	387798.7496	387798.75
2.2.1.1. Acaricidas	72339.48	72339.48	72339.48	72339.48	72339.48	72339.48	72339.48	72339.48	72339.48
2.2.2. Inseticidas	42031.901	42031.901	42031.901	42031.901	42031.901	42031.901	42031.901	42031.901	42031.901
2.2.2.3. Fungicidas	93933	93933	93933	93933	93933	93933	93933	93933	93933
2.2.2.4. Corretivos e fertilizantes	200996.8062	184428.3356	184428.3356	184428.3356	184428.3356	184428.3356	173382.6886	173382.6886	173382.689
2.2.2.5. Mudas	1784	1784	1784	1784	1784	1784	1784	1784	1784
2.2.2.6. Herbicidas	4327.68	4327.68	4327.68	4327.68	4327.68	4327.68	4327.68	4327.68	4327.68
2.2.2.7. E E irrigação	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.2. Manutenção de benfeitorias e equipamentos	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25
2.2.3. Manutenção de maquinários	23219.26185	23219.26185	23219.26185	23219.26185	23219.26185	23219.26185	23219.26185	23219.26185	23219.2618
2.2.4. Manutenção da irrigação	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.5. Manutenção de edificações e cercas	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325
2.2.6. Óleo diesel e combustíveis	34701.7125	34701.7125	34701.7125	34701.7125	34701.7125	34701.7125	34701.7125	34701.7125	34701.7125
2.2.7. Colheita e frete da produção	275000	242000	242000	242000	242000	242000	220000	220000	220000
2.2.8. Pagamento a terceiros - Máquinas									
2.2.9. Pagamento a terceiros - mão de obra									
3. Remuneração anual do capital fixo	63377.54083	63377.54083	63377.54083	63377.54083	63377.54083	63377.54083	63377.54083	63377.54083	63377.5408
3.1. Máquinas e Implementos	10738.095	10738.095	10738.095	10738.095	10738.095	10738.095	10738.095	10738.095	10738.095
3.2. Edificações e cercas	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325
3.3. Benfeitorias e equipamentos	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25	1217.25
3.4. Cultura	49097.19583	49097.19583	49097.19583	49097.19583	49097.19583	49097.19583	49097.19583	49097.19583	49097.1958
3.5. Irrigação	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. Remuneração anual do valor da terra	66406.61157	66406.61157	66406.61157	66406.61157	66406.61157	66406.61157	66406.61157	66406.61157	66406.6116
4.1 Remuneração do capital variável									
5. Custo operacional total	1022844.297	968607.8266	968607.8266	968607.8266	968607.8266	968607.8266	932450.1796	932450.1796	932450.18
6. Custo de oportunidade do uso do capital	129784.1524	129784.1524	129784.1524	129784.1524	129784.1524	129784.1524	129784.1524	129784.1524	129784.152
7. Custo econômico ou total	1152628.45	1098391.979	1098391.979	1098391.979	1098391.979	1098391.979	1062234.332	1062234.332	1062234.33
8. Receitas	1300000	1144000	1144000	1144000	1144000	1144000	1040000	1040000	1040000
9. Resultados									
9.1. Entrada de caixa (receita - custos variáveis)	417688.4398	315924.9104	315924.9104	315924.9104	315924.9104	315924.9104	248082.5575	248082.5575	248082.557
9.2. Lucro operacional (receita - custos operacionais)	277155.7028	175392.1734	175392.1734	175392.1734	175392.1734	175392.1734	107549.8204	107549.8204	107549.82
9.3. Lucro econômico (receita - custos econômicos ou totais)	147371.5504	45608.02095	45608.02095	45608.02095	45608.02095	45608.02095	-22234.33199	-22234.33199	-22234.332
Lucro Econômico Por ha	640.75	198.30	198.30	198.30	198.30	198.30	-96.67	-96.67	-96.67

ANEXO B - Teste de Kolmogorov-Smirnov

De acordo com Campos (1979), este é um teste não-paramétrico, utilizado para verificar a aderência de um conjunto de dados a determinada distribuição de probabilidades.

Neste caso, realiza-se um teste bilateral, em que:

- H0: Admite que a distribuição seja a teórica com os respectivos parâmetros;
- HA: Não admite que a distribuição seja a teórica.

Esta hipótese é testada com base na distribuição de probabilidades teórica, com seus parâmetros especificados, e na distribuição de probabilidades empírica.

Se o valor do $D_{\text{máx}}$ calculado for maior ou igual ao valor do $D_{\text{máx}}$ Tabelado ($D_{\text{máx}}$ calculado $\geq D_{\text{máx}}$ Tabelado), rejeita-se H0, concluindo que os dados não se ajustam à distribuição de probabilidades em questão.

O valor do $D_{\text{máx}}$ calculado é dado por:

$$D_{\text{máx}} = \text{Máx } F'(X) - F(X)$$

Em que:

$F'(X)$ é a função de distribuição de probabilidades teórica com seus parâmetros especificados

$F(X)$ é a função de distribuição de probabilidades empírica, ou seja, $F(X) = \frac{fa}{N+1}$

onde fa é a frequência acumulada da classe.

O teste foi realizado ao nível de significância (α) igual a 1%.