

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

ROBERTO MAX PROTIL

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL
PARA ANÁLISE DE RISCO EM INVESTIMENTOS FLORESTAIS**

Orientador: João Luis Becker, PhD

PORTO ALEGRE-RS

MAIO - 1993

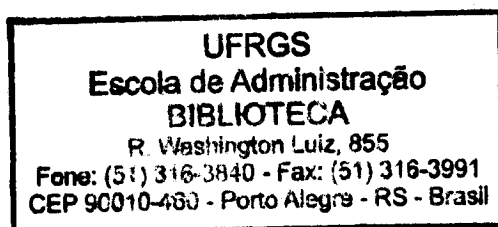
**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL
PARA ANÁLISE DE RISCO EM INVESTIMENTOS FLORESTAIS**

ROBERTO MAX PROTIL

(Engenheiro Agrônomo)

Orientador: Prof. João Luiz Becker, PhD

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do Título de Mestre em Administração na Área de Concentração: Sistemas e Produção.



PORTO ALEGRE-RS

MAIO - 1993

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL
PARA ANÁLISE DE RISCO EM INVESTIMENTOS FLORESTAIS**

ROBERTO MAX PROTIL

(Engenheiro Agrônomo)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do Título de Mestre em Administração na Área de Concentração: Sistemas e Produção.

Aprovada em: 14 de Maio de 1993

BANCA EXAMINADORA

Prof. João Luiz Becker, PhD - UFRGS (Orientador)

Prof. Jaime Evaldo Fensterseifer, PhD - UFRGS

Prof. Norberto Hoppen, Dr. - UFRGS

Prof. Edgar Eduardo Lanzer, PhD - UFSC

UFRGS

Faculdade de Ciências Econômicas

Biblioteca Gladis W. do Amaral

Av. João Pessoa, 52

90040 - Porto Alegre - RS - Brasil

PORTO ALEGRE-RS

MAIO - 1993

À minha esposa Celsa

Aos nossos filhos Klaus e Max

Aos meus pais Josef (*in memorium*) e Anna.

Aos meus avós Anton e Maria

Ao meu irmão Ricardo

AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

Ao professor João Luiz Becker pela segura e cordial orientação e que esteve sempre presente ao longo deste e de outros trabalhos.

Ao professor José Francisco Kliemann Netto pelo apoio que sempre me proporcionou, pelo exemplo de capacidade empreendedora que é hoje tão escasso nos meios acadêmicos.

Ao colega Mario do Santos pela amizade e apoio e exemplo de conduta cristã.

Ao corpo de professores dos Programas de Pós-Graduação em Administração e Engenharia de Produção da UFRGS pelo esforço e dedicação demonstrados durante o curso de Mestrado, o que vem, sem dúvida, permitindo que inúmeros alunos, dentre os quais me incluo, pudessem receber uma rigorosa formação acadêmica.

Agradeço, particularmente, à empresa Duraflora e em especial aos engenheiros Adir Ferreira Dias, Antonio Joaquim de Oliveira e Robson Resende pelo apoio logístico e financeiro, bem como pela sua amizade e cooperação, sem as quais não teria sido possível este trabalho.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho, os quais estão eximidos de eventuais erros cometidos. Estes são de inteira responsabilidade do autor.

BIOGRAFIA

- Roberto Max Protil, filho de Josef Protil e Anna Protil, nasceu em São Paulo-SP, em 03 de setembro de 1960.
- Entre 1967 e 1974 realizou o curso básico de 1º grau, em São Paulo-SP.
- Entre 1975 e 1978 realizou o curso técnico de 2º grau em Mecânica de Precisão, em São Paulo-SP.
- Entre os anos de 1978 e 1981 atuou em diversas empresas como Técnico em Mecânica de Precisão nas áreas de Planejamento Industrial, em São Paulo-SP.
- Entre 1981 e 1985 realizou o Curso de Formação de Oficiais da Reserva da Marinha na opção: fuzileiro naval, no Rio de Janeiro-RJ.
- Em 1983 ingressou no curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, concluindo-o em 1986.
- Em 1987 realizou diversos estágios em agronomia na República Federal da Alemanha.
- Em 1988 atuou como Engenheiro Agrônomo Pesquisador em Ervas Medicinais da empresa farmacêutica Boehringer Ingelheim A. G., em Arapongas-PR.
- Entre 1989 e 1990 atuou como Pesquisador em Mecanização e Automação Florestal da empresa Riocell S.A., em Guaíba-RS.
- Entre 1990 e 1991 realizou o curso de especialização em Administração Rural pela Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras-MG.
- Entre 1990 e 1991 atuou como Engenheiro de Desenvolvimento Pleno de equipamentos florestais na empresa Maxion S.A., em Canoas-RS.
- Em 1991 atuou como instrutor técnico em "Construções de Máquinas" e "Tecnologia dos Materiais" no Centro Tecnológico de Mecânica de Precisão do Senai, em São Leopoldo-RS.
- Em 1991 iniciou o curso de mestrado em Administração na opção curricular de Produção e Sistemas no Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 -	Escolas do Pensamento Administrativo	27
Tabela 2 -	Fatores de Produção	69
Tabela 3 -	Insumos	70
Tabela 4 -	Operações Sequenciais da Reforma Florestal	71
Tabela 5 -	Operações não Sequenciais da Reforma Florestal	71
Tabela 6 -	Fluxo de Caixa em VPLd a Reforma Florestal	101
Tabela 7 -	Distribuição de Frequência do Fluxo de Caixa em VPL da Reforma Florestal do Projeto C1	101
Tabela 8 -	Fluxo de Caixa em VPL da Condução Florestal	102
Tabela 9 -	Distribuição de Frequência do Fluxo de Caixa em VPL da Condução Florestal do Projeto C1	103
Tabela 10 -	Intervalo e Amplitude de Variação dos Custos dos Fatores de Produção (IGP/h)	107
Tabela 11 -	Intervalo e Amplitude de Variação do Preço da Madeira em Pé	107
Tabela 12 -	Intervalo e Amplitude de Variação das Variáveis de Rendimento (h/ha)	108

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Evolução do Conceito de Preço, Custo e Lucro.....	03
FIGURA 02: Relação simbiótica entre o pensamento qualitativo e os modelos quantitativos.....	06
FIGURA 03: O processo de acumulação sistemática do conhecimento.....	06
FIGURA 04: O processo decisório.....	21
FIGURA 05: A natureza integrada do Pensamento Administrativo.....	23
FIGURA 06: A Abordagem Quantitativa.....	30
FIGURA 07: Representação de um Sistema Aberto.....	33
FIGURA 08: Relação entre realidade, sistema e modelo.....	34
FIGURA 09: Modelos Analíticos <i>versus</i> Simulação.....	38
FIGURA 10: Classificação de Variáveis.....	38
FIGURA 11: Avanço do Tempo pelo Próximo Evento.....	44
FIGURA 12: Avanço do Tempo a Incrementos Fixos.....	44
FIGURA 13: Fluxograma de um modelo de simulação a eventos discretos.....	47
FIGURA 14: Etapas de um Estudo de Simulação.....	48
FIGURA 15: Método de HERTZ.....	57
FIGURA 16: Fluxos de Caixa de projetos florestais sob a ótica probabilística.....	65
FIGURA 17: Localização do Projeto C1.....	66
FIGURA 18: Histograma de Frequência da Operação Realinhamento + Adubação Base.....	74
FIGURA 19: Evolução dos Preços da Madeira em Pé.....	79
FIGURA 20: Diferença dos Logarítmos da Evolução dos Preços da Madeira em Pé.....	79
FIGURA 21: Fluxograma Geral do Programa Simulador.....	88
FIGURA 22: Fluxograma do Sub-Programa de Entrada de Dados.....	89
FIGURA 23: Fluxograma do Sub-Programa de Processamento de Dados.....	93
FIGURA 24: Fluxograma do Sub-Programa de Geração de Estatísticas e Relatórios.....	94

FIGURA 25: Ordenação e Relação da "Validação", "Verificação" e o estabelecimento de "Credibilidade"	96
FIGURA 26: A Abordagem de Inspeção com Correlação	98

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS E TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
APRESENTAÇÃO	xii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	001
1.1. Considerações Preliminares	001
1.2. Objetivos	005
1.2.1. Objetivo Geral	005
1.2.2. Objetivos Específicos	005
1.3. Estrutura do trabalho	005
CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO	009
2.1. O Investimento Florestal	009
2.1.1. A Condução Florestal	010
2.1.2. A Reforma Florestal	011
2.2. Investimentos Florestais <i>versus</i> Risco	012
2.3. Risco e Incerteza	015
2.4. Alguns Aspectos do Processo Decisório	017
2.5. A Natureza Integrada da Administração	022
2.6. A Administração e o Planejamento Florestal	024
2.7. As Escolas de Administração	025
2.8. Pesquisa Operacional	027
2.9. A Teoria Geral de Sistemas	030
2.10. O que é um Modelo?	034
2.11. Classificação dos Modelos	037
2.12. Modelos de Simulação ou Procedurais	039
2.13. Modelos de Simulação de Eventos Discretos	042
2.13.1. Mecanismos de Avanço de Tempo	043
2.13.2. Componentes e Organização de um Modelo de Simulação de Eventos Discretos	045
2.13.3. Passos para a Modelagem de um Sistema de Eventos Discretos	047
2.14. Vantagens, Desvantagens e Perigos da Simulação	048
2.15. Uso da Simulação no Planejamento Financeiro	051
2.16. O método de Hertz	054
2.17. Valor Presente Líquido	057
2.18. O Comportamento das Flutuações de Preços	059
2.18.1. A idéia de independência	060
2.18.2. A distribuição probabilística das mudanças de preços	062
2.18.3. A diferença dos logaritmos dos preços	063
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS	065
1. INTRODUÇÃO	065
2. APRESENTAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO	070
2.1. Descrição das operações e insumos necessários para a implantação de um projeto florestal	070

2.2.	Descrição da Sequência Operacional de uma Reforma Florestal	070
2.3.	Classificação das Operações de Reforma e Condução Florestal Segundo o Princípio de Pareto	071
2.4.	Análise Estatística dos Rendimentos das Operações Classe "A" e Ajuste de Aderência das Curvas de Distribuição Teórica aos Dados Empíricos de Rendimento.	073
2.5.	Análise de correlação dos dados históricos de rendimento das operações Classe "A"	074
2.6.	Determinação do rendimento florestal	075
2.7.	Aplicação da teoria das oscilações aleatórias de preços	077
2.8.	Média e Desvio Padrão dos custos e preços segundo uma distribuição log-normal.	079
2.9.	Análise de correlação das séries temporais de custo	080
2.10.	Procedimentos Básicos para o Processamento de Dados no Simulador	081
CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR		088
1.	INTRODUÇÃO	088
2.	ENTRADA DE DADOS NO SISTEMA SIMULADOR	089
3.	PROCESSAMENTO DE DADOS DO SISTEMA SIMULADOR	093
4.	GERAÇÃO DE ESTATÍSTICAS E RELATÓRIOS	093
CAPÍTULO V - A VALIDAÇÃO DO SISTEMA		095
1.	INTRODUÇÃO	095
2.	PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS PARA COMPARAR AS OBSERVAÇÕES DO MUNDO REAL COM OS DADOS DE SAÍDA DA SIMULAÇÃO	097
2.1.	Abordagem por Inspeção	097
3.	VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO FLORESTAL	100
4.	COMPARAÇÃO DE CONFIGURAÇÕES ALTERNATIVAS DO MESMO SISTEMA	103
4.1.	Intervalo de Confiança para as Diferenças entre as Médias de Desempenho entre dois Sistemas.	103
4.1.1.	Intervalo de confiança com t pareado	104
5.	COMPARAÇÃO ENTRE A REFORMA E A CONDUÇÃO DO PROJETO C1	105
CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO		106
BIBLIOGRAFIA		112
ANEXOS		117

RESUMO

O presente trabalho trata da modelagem do ambiente operacional de uma empresa florestal dentro de um enfoque probabilístico. Objetiva-se com esta abordagem incorporar elementos probabilísticos em um modelo que venha a simular as incertezas do mundo real. Diversas técnicas foram utilizadas na modelagem do sistema simulador, dentre as quais destaca-se: o Modelo de Hertz para Análise de Risco em Investimentos de Capital e a Teoria das Oscilações Aleatórias dos Preços de Ativos Financeiros. A base de dados para a modelagem foi obtida a partir de uma planilha de custos e rendimentos operacionais de um projeto florestal implantado pela empresa Duratex S.A. no município de Lençóis Paulistas/SP no ano de 1990. O resultado do trabalho foi o desenvolvimento de um sistema computacional o qual permite comparar as opções de Reforma e de Condução de um projeto florestal. Concluiu-se que no projeto pesquisado a opção de Condução é preferível à opção de Reforma, haja visto que nesta última opção existe uma alta probabilidade (aproximadamente 40%) do resultado financeiro ser negativo. Uma elevada variabilidade nas variáveis de custo e de rendimento operacional, de um número significativo de operações, torna a Reforma Florestal uma opção de alto risco financeiro.

ABSTRACT

The present work treats of modeling the forestry operational environment under a probabilistic perspective. The purpose of this approach is to incorporate probability in a model that results in the simulation from uncertainty of the real world. Several technics were used in the modeling of the simulation system, among them are: the Hertz model of risk analyse in capital investment and the theory of random walkes in stock prices. The data base for the modeling was obtained from a cost and operational performance plan of a forestry project from Duratex Company, localized in Lençois Paulista city and implanted in 1990. The product from this work is the development of a computer system which permitted to compare two forestry options: forestry conduction and forestry reform. It follows that the conduction option is preferred to the forestry reform option because in the last option there is a high probability (aprox.40%) to present a negative financial result. A high variability in cost and operational performance from an expressive number of operations makes the forestry reform an option with a high risk.

APRESENTAÇÃO

"A teoria do homem administrativo está apoiada na suposição que na vida real, os administradores, em verdade, não maximizam e também não detêm uma infinita racionalidade. Ao invés disto, o comportamento atual dos administradores pode ser descrito mais em termos de "satisfação" e "racionalidade limitada"
SIMON (1957:198).

Durante alguns anos trabalhando como Engenheiro Agrônomo em atividades operacionais de diversas empresas ligadas à atividade agrária, percebi claramente que a grande maioria dos processos decisórios eram meramente empíricos e casuístas. Esta constatação me intrigava pelo fato de que muito freqüentemente estas decisões conduziam a falsas soluções e conseqüentemente causavam enormes prejuízos às empresas, sem que com isto os decisores se sensibilizassem e procurassem modificar a sua metodologia decisória. Foi a partir deste fato que me motivei em estudar mais profundamente os métodos quantitativos utilizados na administração e que conduzissem à análise e avaliação do risco nos investimentos em atividades agrárias.

Querida desta forma munir os decisores com alguma ferramenta científica no auxílio do processo decisório diário, de maneira que fosse minimizado o risco de uma decisão equivocada ou inapropriada. A minha principal preocupação foi estudar uma metodologia que se aproximasse do comportamento humano, ou seja, assumindo que os indivíduos não possuem pleno conhecimento das variáveis do meio no qual vivem e que o homem possui uma racionalidade limitada. O método da simulação discreta estocástica mostrou ser uma das técnicas de pesquisa operacional que mais se aproxima das situações reais de decisão, dentro do ambiente organizacional, e é por este motivo que

este trabalho científico irá utilizar basicamente esta técnica de modelagem, procurando mostrar ao meio empresarial agrário a importância e utilidade da pesquisa operacional e em especial da técnica de simulação no trato dos seus problemas decisórios diários.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Preliminares

Segundo DRUCKER (1970) a humanidade iniciou a partir da década de setenta "uma era de incertezas" carregada de desafios, dificuldades, ameaças, coações, contingências, restrições e toda sorte de adversidades para as organizações. É uma era caracterizada por um ambiente complexo e mutável, o qual as organizações não conseguem decifrar e interpretar adequadamente. Assim, ocorre a "incerteza" por parte das organizações em relação àquilo que está ocorrendo ao seu redor e, principalmente, a "incerteza" quanto ao que poderá ocorrer em um futuro próximo ou remoto. Nesta nova era, as organizações lutam com escassez de recursos, dificuldades na colocação dos seus produtos ou serviços, acirrada concorrência, dificuldade em entender as reações do mercado e as ações dos concorrentes. A tradição e o passado são coisas que se foram e que não resolvem os problemas da atualidade. Em outros termos, a maneira tradicional de administrar e de fazer as coisas como elas sempre foram feitas no passado não proporcionará os resultados adequados. Tudo mudou. E a Administração também.

Uma terceira Revolução Industrial marca esta nova era: a revolução da informática e da computação, substituindo não mais os músculos humanos pela máquina, mas o cérebro humano pela máquina eletrônica.

Dentro deste novo ambiente de mudanças, argumenta CSILLAG (1991), é essencial considerar que não existe uma solução definitiva, ou em outras palavras, não é possível maximizar o desconhecido (SIMON, 1957). O que existe são soluções

poderosas. Considerar soluções definitivas implica em assumir a posição de "dono de verdade" num mundo constante e imutável. Por outro lado, uma solução poderosa, por definição, é uma dirigida a um grande problema (que enfraquece não somente o desempenho global, mas também distorce a conduta de uma organização). Uma solução poderosa, quando implementada, terá um drástico impacto na organização, alterando sua conduta e desempenho.

Uma diretoria ou gerência que quer competir não deve dominar técnicas, mas possuir a habilidade de gerenciar em um "Mundo de Ganho" que muda constantemente. O "Mundo do Ganho" implica num processo mental com inovações, em vez de procedimentos e controles. Deve existir uma flexibilidade no lugar de rigidez de procedimentos, pois o que importa são as funções, isto é, os objetivos e não as maneiras de desempenhá-las (CSILLAG, 1991).

O maior patrimônio de uma organização que atua no "Mundo do Ganho" é a capacidade de elaborar soluções poderosas sob medida ao problema que enfrenta no momento, no lugar de basear o gerenciamento num pacote de diretrizes trazidas de outro ambiente.

A manutenção das soluções poderosas é garantia, enquanto que a das soluções trazidas de fora acaba sendo prejudicada. Isso ocorre porque, no "Mundo do Ganho", as diversas variáveis são dependentes, e os resultados visíveis e simples para todos irão aparecer através de esforços mútuos e sincronizados de todas as funções — o que traz um novo sentido à muito usada e desgastada expressão "Trabalho em Equipe".

É importante ressaltar que o "Ganho" pode ser bloqueado por qualquer função na empresa. Funções como produção, logística, engenharia, finanças, recursos humanos, *marketing* ou vendas podem bloquear o canal do "Ganho", já que elas estão interligadas e contribuem, cada uma, para que uma entrega seja feita e o dinheiro recebido. Basta que não participem do processo de identificar e implantar os

melhoramentos. Quando ocorrer esse bloqueio, o canal de qualquer melhoramento localizado será ineficaz e virá a estagnação comentada acima.

Conforme GOLDRATT (1986) *apud* CSILLAG (1991) o criador da "teoria das restrições": toda restrição é o reflexo concreto de um bloqueio mental.

É preciso salientar, também, que as conotações de preço, custo e lucro (ganho) têm evoluído ao longo do tempo, principalmente em função das mudanças na relação oferta/demanda, causado por este novo ambiente de constantes mudanças. Estas mudanças podem ser representadas algebricamente através de equações; conforme se ilustra na figura 01.

FIGURA 01: Evolução do Conceito de Preço, Custo e Lucro

EQUAÇÃO	PERÍODO	CAUSA
$\text{PREÇO} = \text{CUSTO} + \text{LUCRO}$	ATÉ DÉCADA DE 70	OFERTA \ll DEMANDA
$\text{LUCRO} = \text{PREÇO} - \text{CUSTO}$	DÉCADA DE 80	OFERTA \cong DEMANDA
$\text{CUSTO} = \text{PREÇO} - \text{LUCRO}$	A PARTIR DA DÉCADA DE 90	OFERTA $>$ DEMANDA

FONTE: Nota de Aula da Disciplina "Custos Industriais" do Prof. Francisco Kliemann Neto

Inserido no contexto apresentado acima, pretende-se desenvolver um "sistema de apoio à decisão em investimentos florestais", que simule fluxos de caixa de projetos florestais sob uma ótica probabilística e que considere tanto as incertezas do meio ambiente, de extrema complexidade e mutabilidade, como as limitações sócio-

humanas do processo decisório, ou seja, a impossibilidade humana de maximizar o desconhecido ou o incerto e a limitada racionalidade inerente ao ser humano.

O escopo deste estudo, intitulado "Desenvolvimento de um Sistema Computacional para Análise de Risco em Investimentos Florestais", está limitado aos dados operacionais de uma empresa florestal específica. Contudo, deve-se perceber que os dados empíricos serão utilizados somente para a definição dos parâmetros que servirão como base para desenvolver e ajustar o método. A metodologia terá como escopo qualquer projeto florestal, independente da sua localização temporal e geográfica, desde que apresente similaridade à pesquisada, cujos parâmetros básicos possam ser extraídos de forma semelhante, de modo que não haja perda de qualidade.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Modelar o ambiente operacional e econômico de uma empresa florestal através da técnica de simulação discreta estocástica, objetivando incorporar o risco na análise do fluxo de caixa dos investimentos florestais.

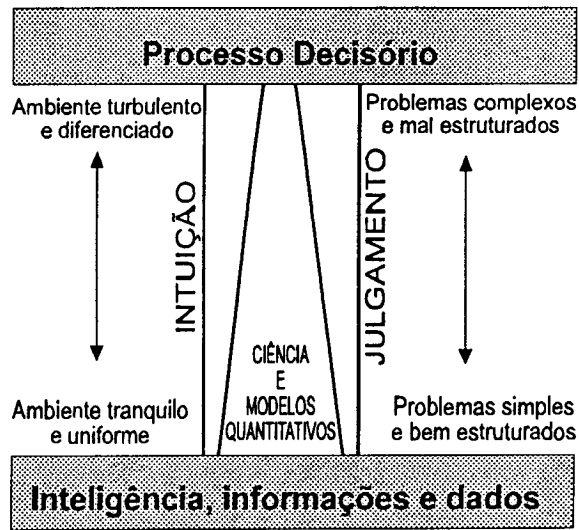
1.2.2. Objetivos Específicos

1. Reproduzir em laboratório, através de um sistema simulador, uma réplica do fluxo de caixa de um projeto florestal;
2. Prover o administrador florestal de um instrumento eficiente para as atividades de Planejamento Florestal;
3. Prover o administrador florestal de um instrumento que permita treinar decisores, nos níveis tático e operacional, através da criação (simulação) de cenários (sistemas alternativos) do sistema real da empresa florestal;
4. Agregar, em um único modelo, informações das áreas técnico-operacionais juntamente com informações das áreas econômico-financeiras das empresas florestais.

1.3. Estrutura do trabalho

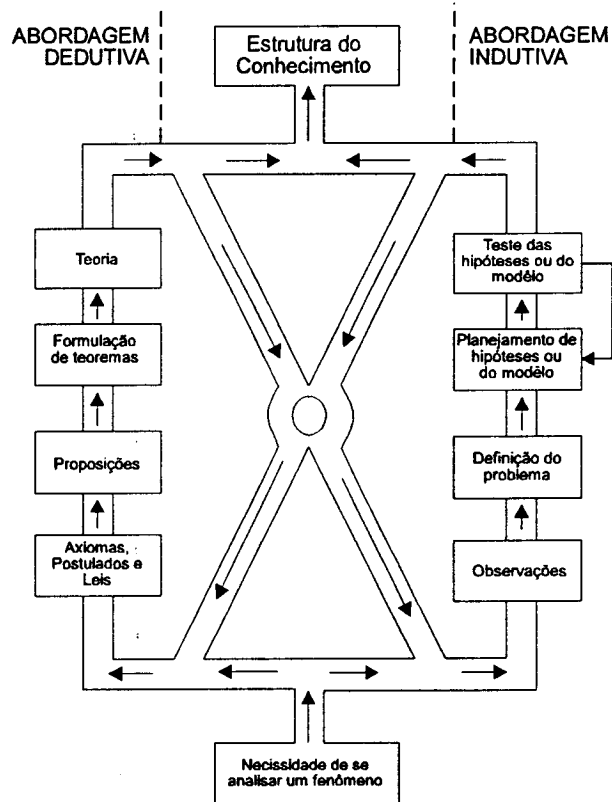
O presente trabalho terá como lema relacionar simbioticamente o pensamento qualitativo com os modelos quantitativos, conforme está esquematizado na Figura 02. Para atingir os objetivos propostos no trabalho utilizar-se-á a abordagem indutiva, conforme esquema da Figura 03.

FIGURA 02: Relação simbiótica entre o pensamento qualitativo e os modelos quantitativos.



FONTE: LOOMBA(1978)

FIGURA 03: O processo de acumulação sistemática do conhecimento.



FONTE: LOOMBA(1978)

A estrutura do trabalho está dividido em seis capítulos, conforme será descrito a seguir:

Capítulo 2 - Trata do referencial teórico do trabalho. Foi dada uma grande ênfase na explanação da importância da análise de risco em investimentos florestais bem como da estrutura conceitual dos sistemas e modelos, da pesquisa operacional e da simulação como técnica de avaliação do risco, comentando-se, para tanto, o método de Hertz. Finalizando o capítulo, foi feito um breve comentário sobre a teoria das oscilações aleatórias de preços e a sua aplicação na previsão de preços.

Capítulo 3 - Apresenta os Materiais e Métodos utilizados na confecção do trabalho. Foi dada uma atenção especial às planilhas de custo e rendimentos e a utilização de uma curva ABC para priorizar as operações quanto ao enfoque probabilístico ou determinístico. Também foram apresentados os testes de ajuste e de aderência às curvas de probabilidade, onde ficou salientado a importância da distribuição log-normal. Quanto aos custos foram apresentados os ajustes dos custos dos fatores de produção conforme a teoria de oscilação de preços. Já os ganhos florestais são calculados segundo modelos para projeção do volume futuro a partir de áreas basais iniciais e índices de sítios conhecidos. Comenta-se, também, alguns métodos específicos da técnica de simulação discreta estocástica, tais como: geração de números randômicos; geração de variáveis randômicas; geração de variáveis randômicas correlacionadas; análise dos dados de saída e técnicas de redução da variância.

Capítulo 4 - Neste capítulo é apresentado a estrutura de um sistema simulador. O capítulo está subdividido entre: (1) Entradas do Sistema; (2) Processamento dos dados e (3) Saídas do Sistema. A apresentação é feita através de fluxogramas.

Capítulo 5 - Trata da validação do sistema através da simulação de um projeto florestal, comparando-se um fluxo de caixa simulado com o fluxo de caixa real.

Capítulo 6 - Neste último capítulo são apresentados as interpretações, conclusões e sugestões referentes aos resultados do trabalho.

CAPÍTULO II

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O Investimento Florestal

O reflorestamento artificial teve origem na Alemanha no Século XIV; em 1368 fazia-se o primeiro plantio de pinheiros, cedros e abetos nas proximidades da cidade alemã de Nüremberg. Nos Estados Unidos, o movimento só teve início por volta de 1750; na França o reflorestamento iniciou-se no século XIX. No Brasil em bases técnicas, principou por volta de 1910 (GALETI, 1973:237).

Cerca de 21,5% do total de energia consumida no Brasil provém do uso de madeira combustível, dado que justifica a investida do país na produção desta fonte energética. O desenvolvimento dessa atividade coloca-o em quarto lugar no mundo, em implantação de maciços florestais homogêneos, com uma área de 5,5 milhões de hectares e com um incremento em torno de 400 mil hectares anuais. A contribuição do setor florestal para a balança comercial é superior a um bilhão de dólares anuais em divisas líquidas, com uma participação de 4% na formação do produto interno bruto e uma oferta de empregos diretos e indiretos de 3,5% da população ativa no meio rural (NETO, 1986:1).

A madeira produzida é elemento da maior importância para as empresas do parque siderúrgico, pois o carvão vegetal é um dos componentes indispensáveis à produção do ferro-gusa e aço, além de se constituir em fator estratégico para a indústria de papel e celulose.

A utilização econômica de reflorestamentos de rápido crescimento está progressivamente despertando a atenção de investidores nacionais e estrangeiros. O estágio de maturação de grandes áreas reflorestadas, o aumento da capacidade produtiva das indústrias madeireiras, de celulose e do parque siderúrgico, com o conseqüente reflexo no volume dos trabalhos de campo, a crescente escassez e sazonalidade de mão-de-obra rural, em determinadas regiões, e a expressiva representação dos custos operacionais da exploração no custo final da matéria-prima madeira podem ser apontadas como fatores importantes que irão, a médio e longo prazo, determinar profundas alterações nos procedimentos da atividade. Atualmente, ainda persiste, nas diferentes etapas de exploração, a predominância do trabalho manual. A introdução de inovações técnicas e de equipamentos especializados ainda se apresenta como processo lento e muito restrito. No entanto, em algumas empresas, os métodos mecanizados já constituem realidade, e os resultados, pelo que se tem visto, são realmente satisfatórios. O índice de mecanização nas etapas da exploração apresenta estrita ligação com o desenvolvimento de equipamentos florestais específicos e depende diretamente da evolução da própria indústria de máquinas, de equipamentos e de forma significativa da disponibilidade de mão-de-obra rural. Observa-se, porém, que algumas etapas da exploração apresentam-se com maiores índices de mecanização, sobretudo as que exigem grande espaço físico. Nota-se também que as inovações técnicas, ou introdução de equipamentos, só têm alcançado resultados satisfatórios quando precedidas de treinamento especializado e de perfeito trabalho de planejamento, integrando de forma conveniente os aspectos sócio-econômicos e técnicos específicos de cada região. SIMÕES, BRANDI, LEITE e BALLANI (1981:89).

2.1.1. A Condução Florestal

Inúmeras espécies do gênero *Eucalyptus* são responsáveis por mais da metade da produção de madeira reflorestada no Brasil. O corte de uma floresta de

eucalipto, para fornecimento de matéria-prima para obtenção de energia ou celulose, se dá, no Brasil, entre o quarto e o sétimo ano após o plantio. Na prática, numa empresa florestal, a época de corte pode depender do mercado, dos custos e dos rendimentos florestais. (NETO, 1983 *apud* OLIVEIRA, 1986).

A regeneração do eucalipto, após o corte, através de brotações dos cepos, constitui-se uma das principais características deste gênero. Esta brotação é denominada talhadia simples ou simples regular. Quando a exploração é feita em corte raso, representa o início de uma nova rotação e, portanto merece os mesmos cuidados de um plantio (PROTIL e FREITAS, 1990). O regime talhadia e minirotações, utilizada na maioria das florestas plantadas no Brasil, consiste no estabelecimento de um ciclo produtivo com cerca de dezoito anos em média, em que são realizados um corte no plantio original e dois cortes da regeneração dos cepos.

A preocupação surgida, após a implantação desse regime, diz respeito à produtividade do segundo e mesmo do terceiro corte. Alguns eucaliptais plantados apresentaram na ocasião do segundo corte uma acentuada queda de produção, ora devido à baixa porcentagem de regeneração ora à baixa produtividade das brotações. Estimou-se como sendo de 20% a queda de produção entre o primeiro e o último corte (REZENDE *et alii*, 1981 *apud* OLIVEIRA, 1986).

2.1.2. A Reforma Florestal

A reforma de um povoamento florestal consiste na substituição de talhões de potencial produtivo muito baixo por um novo povoamento originado do plantio de mudas (SIMÕES *et alii*, 1981 *apud* OLIVEIRA, 1986). Teoricamente as florestas poderiam ser reformadas a qualquer momento, tanto no primeiro quanto no segundo ou mesmo terceiro corte. Na prática, o que se tem verificado é que as florestas são

normalmente reformadas no primeiro ou segundo corte, com a idade variando de sete a dez anos.

A reforma propriamente dita se inicia com o preparo da terra para o novo plantio e suas operações podem ser separadas em três grupos distintos, a saber: preparo do solo, plantio e tratos culturais (OLIVEIRA, 1986).

2.2. Investimentos Florestais versus Risco

"O tempo necessário para produzir um produto qualquer introduz incertezas (KNIGHT, 1921), e quanto maior for o tempo dispendido antes de se conhecer os resultados, menor será a certeza deste resultado. Como o crescimento de florestas é um dos mais longos processos de produção utilizados pelo homem, as incertezas sempre estarão presentes" (ENGELHARD e ANDERSON, 1983:1)

A administração florestal é um processo de decisão, o qual, pelo tempo gasto na produção florestal, possui características próprias de decisão. Os administradores florestais, por exemplo, precisam realizar decisões que influenciarão a espécie, qualidade e quantidade das essências florestais dos futuros recursos florestais. Conseqüentemente muitas das decisões tomadas no presente serão julgadas em um ambiente futuro diferente do atual. (THOMPSON, 1968:156).

O problema de incerteza na programação gerencial de florestas e na escolha do ponto de rotação ótimo é frequentemente discutido na literatura florestal, mesmo assim pouca atenção tem sido dispensada aos possíveis métodos de incorporação da incerteza. (CAULFIELD, 1988:441 e HOGANSON & ROSE, 1987:268).

THOMPSON e HAYNES (1971), PELZ (1973) E WEINTRAUB (1976) *apud* HOGANSON & ROSE (1987) examinaram importantes aspectos da incerteza em relação aos custos de procura de madeira e a programação gerencial de florestas. Mas nenhum deles tratou especificamente do desenvolvimento de técnicas de programação

gerencial de florestas para períodos subseqüentes. HOGANSON & ROSE (1987) propuseram o uso do método linear quadrático de Gauss para o reconhecimento de incertezas. Este modelo utiliza-se do resultado de um modelo determinista como primeira etapa do processo de modelagem. A desvantagem deste método é a limitação do tamanho do modelo o qual não comporta o tamanho da maioria dos problemas reais além disto certas incertezas associadas aos parâmetros da função objetivo não podem ser explicitamente reconhecidas.

SOLBERG, (1986:121) comenta que o setor florestal é abordado sob uma ótica meramente determinista. Deveria ser, entretanto, considerado estocasticamente, haja visto as aleatoriedades dos processos envolvidos.

WEINTRAUB e NAVON (1986:347) argumentam que há vários elementos de incerteza no planejamento florestal. Variações aleatórias em fenômenos naturais introduzem outras fontes de incerteza. A modelagem destas fontes de incertezas é mais complexa pois ela é traduzida através da variabilidade dos coeficientes das variáveis de restrição.

Segundo ENGELHARD e ANDERSON (1983), apesar dos empresários florestais estarem cientes da existência do risco em investimentos florestais, este entretanto, não tem sido incorporado formalmente nas análises de investimentos. Os modelos determinísticos geralmente utilizados, baseiam-se em duas suposições: completo conhecimento da realidade e certeza da ocorrência dos eventos futuros. Mesmo quando o modelo é matematicamente preciso, ele irá predizer apenas uma única taxa de retorno, considerada como a "melhor estimativa". Quando o decisor é, entretanto, confrontado com estimativas únicas ele poderá proteger a si mesmo contra a seleção de um investimento arriscado selecionando altas taxas de retorno, as quais precisariam ser atingidas ou superadas de forma a serem aceitas.

Uma técnica comum para considerar risco em atividades florestais é ajustar as taxas de desconto através do acréscimo de um prêmio. Este método, entretanto, só é seguro e aceitável em casos onde a taxa de atratividade é baixa e o tempo de duração do investimento é pequeno. Caso estas duas condições não sejam satisfeitas, então a compensação pelo eventual risco será muito grande (DUERR, 1960; *apud* ENGELHARD E ANDERSON, 1983). Uma alternativa seria ou abaixar os retornos esperados ou então aumentar os custos.

Outro método freqüentemente usado para reconhecer risco é calcular as taxas de retorno baseados em valores altos e baixos. Apesar das estimativas pessimistas e otimistas indicarem uma possível escala de resultados, eles não indicam qual será o mais provável de ocorrer.

Um dos problemas decisórios mais comuns nos investimentos florestais, após a execução do primeiro ou segundo corte em plantações de eucaliptos submetidos ao regime de talhadia, é decidir qual será a alternativa de investimento mais viável para a futura condução do povoamento. Frequentemente pela incerteza do processo, e pela falta ou ineficiência de instrumentos analíticos adequados, as empresas acabam decidindo empiricamente entre a manutenção do povoamento, aproveitando as brotações das cepas remanescentes ou, então, pela reforma dos mesmos (SIMÕES *et alii*, 1981).

Nenhuma técnica convencional fornece aos decisores medidas realistas do risco envolvido na seleção de alternativas de investimento de capital. A razão é facilmente explicada com um exemplo: se seis fatores independentes (multiplicativos) são identificados como tendo influência significativa nos resultados de um determinado investimento e que o valor esperado para cada um dos fatores possui uma chance de 60% de ocorrência, então a chance de que o resultado obtido através de análises convencionais efetivamente aconteça na realidade é de apenas 5% ($60\% \times 60\% \times 60\% \times 60\% \times 60\% \times 60\% \cong 5\%$).

Um método ideal, e que pode ser adotado para avaliar investimentos florestais considerando explicitamente o risco, foi desenvolvido por David B. Hertz em 1964 e publicado na Harvard Business Review em fevereiro de 1964. O método de Hertz utiliza a técnica de Monte Carlo (NORONHA, 1987).

2.3. Risco e Incerteza

O conceito de incerteza não pode ser definido de maneira clara. LUCE e RAIFFA (1958:7) *apud* ABREU & STEPHAN (1982:95) distinguem basicamente três componentes principais:

1. A incerteza ligada à imprevisibilidade dos parâmetros econômicos;
2. A incerteza ligada aos eventos políticos nacionais e internacionais;
3. A incerteza ligada à própria percepção, pelo tomador de decisão, das condições e restrições do ambiente.

No primeiro caso constatamos um tipo de incerteza quanto ao sucesso de novos produtos, ao comportamento dos preços, às possíveis mudanças nos padrões de consumo, ao comportamento da concorrência, enfim a tudo que compõem o risco ligado ao ramo de atividade — o que os americanos denominam de "Business Risk". A essa incerteza devem ser acrescidos aqueles resultantes das variações de juros e das indisponibilidades do mercado financeiro, denominado de "Financial Risk". A multiplicidade de possibilidades de evolução desses fatores dificulta o estabelecimento dos fluxos de caixa, sobretudo quando o horizonte de tempo considerado é bastante grande. Isto se agrava na medida em que o empresário deve assumir compromissos que em geral se estendem durante vários anos.

No segundo caso verificamos um quadro onde se incluem as possíveis mudanças de governo, planos econômicos, crises políticas, distúrbios, greves, revoluções, etc, que podem afetar direta ou indiretamente os resultados de um projeto.

Enfim, no terceiro caso é trazida à tona a subjetividade inerente a cada tomada de decisão, já que em posse das mesmas informações dois decisores podem chegar a conclusões distintas. Isso pode ser demonstrado utilizando o conceito da função de utilidade.

KNIGHT (1921), usa o termo "Risco" para a certeza objetiva e mensurável, enquanto o termo "Incerteza" é reservado para a incerteza subjetiva e não mensurável. SHAEFER (1973) salienta que mais recentemente, esta distinção entre risco e incerteza praticamente perdeu seu sentido, em função do pressuposto de Bayes, o qual afirma que toda probabilidade é subjetiva e que qualquer ato de previsão possuirá invariavelmente um certo grau de desinformação.

WINTERFELDT e EDWARDS (1986) afirmam que:

1. Toda incerteza é basicamente do mesmo tipo;
2. As probabilidades são números úteis com os quais se mede a incerteza;
3. As probabilidades são gradações de crenças pessoais sobre a incerteza de ocorrência de determinados eventos.

Portanto, o que caracteriza tanto as situações de risco como as de incerteza é a falta ou inexistência de informações adequadas e necessárias em um processo decisório. Desta forma, e ao longo deste trabalho, as palavras risco e incerteza serão tratadas como sinônimos.

2.4. Alguns Aspectos do Processo Decisório

O que é uma decisão?

Uma decisão é uma conclusão de um processo estabelecido para ponderar a utilidade relativa de um conjunto de alternativas viáveis, de tal forma que uma ação preferencial venha a ser selecionada. O processo decisório compreende tanto o planejamento como a execução das atividades necessárias para identificar uma alternativa preferencial. O processo decisório exige especificamente: um conjunto de metas e objetivos; um sistema de prioridades; a enumeração das alternativas exequíveis; a projeção dos resultados associados com cada uma das alternativas, além de um sistema de critérios de escolha, através do qual possa ser identificada uma alternativa preferencial. Apesar de ser possível analisar cada decisão individual como um fenômeno isolado, as decisões são essencialmente seqüenciais em sua natureza. A natureza seqüencial se torna óbvia em nosso mundo altamente interdependente, onde todas as decisões possuem conseqüências e implicações que extrapolam seus limites originais, os quais, são muitas vezes estabelecidos sob suposições muito simplistas. A essência da administração é tomar decisões que permitam que, com os recursos existentes, sejam atingidos os objetivos organizacionais. Planejamento, organização, direção, controle, liderança, comunicação e todas as demais funções administrativas são executadas através da tomada e implementação de decisões.

Por que precisamos tomar decisões?

As decisões precisam ser tomadas porque vivemos em um mundo onde os recursos são escassos, aliado ao fato de que todo ser humano é motivado por um conjunto de necessidades e desejos. Estas necessidades podem ser biológicas, físicas, financeiras, sociais, do ego ou em um nível mais elevado, as necessidades de auto-realização. Cada indivíduo é motivado a agir e decidir para satisfazer um conjunto de

desejos e necessidades. Pode-se dizer que as pessoas agem de uma forma a criar um "estado particular" que seja o mais útil para satisfazer as suas aspirações. Estas aspirações podem ser estabelecidas em termos de objetivos ou metas com uma orientação temporal. As decisões são realizadas para que se atinjam estes objetivos ou metas.

Decisões e conflitos

Um dos problemas mais óbvios na tomada de decisões é reconhecer a mais importante meta, entre as várias metas relevantes existentes dentro de um processo decisório. Da mesma forma como no nível pessoal, as organizações possuem sempre presente conflitos de interesse entre departamentos, divisões e executivos. A tarefa do alto escalão administrativo é tomar decisões, de uma maneira tal, que tais conflitos sejam resolvidos em consonância com os objetivos organizacionais, tais como volume de investimentos, fatia do mercado, e outros.

Dois fases no processo de tomada de decisão

A teoria da decisão, a qual é uma estrutura de conhecimento que trata da análise e tomada de decisões, é uma importante área de estudo. Isto se torna evidente a partir da contribuição de diversas disciplinas na formação da teoria da decisão, tais como: Filosofia, Economia, Psicologia, Sociologia, Estatística, Ciências Políticas e Pesquisa Operacional. Independente desta perspectiva, o processo decisório consiste de duas fases. A primeira relaciona-se a aspectos preliminares, tais como: elaborar metas e objetivos, enumerar as restrições ambientais, definir alternativas estratégicas e projetar as remunerações mais rentáveis. A segunda concentra-se na questão de como escolher a estratégia ótima dados uma série de objetivos, estratégias e remunerações.

Classificação das decisões

As decisões podem ser classificadas de diversas formas, dependendo do propósito da classificação. Por exemplo, as decisões podem ser: estratégicas (referentes ao ambiente externo da empresa, tal como o "mix" de produtos), táticas (referentes com a aquisição e estruturação de recursos) e operacionais (referentes com problemas cotidianos e repetitivos).

Dependendo da natureza dos problemas, as decisões podem ser classificadas em decisões programáveis e não-programáveis (SIMON, 1960:5 *apud* LOOMBA, 1978:102). Decisões programáveis são aquelas com o propósito de solucionar problemas repetitivos e bem estruturados. Entende-se por decisões programáveis todas aquelas que são rotineiras, repetitivas, que possuam uma estrutura definida e que possam ser manipuladas através da utilização de algoritmos bem estruturados. Tais decisões podem ser processadas por computador, desde que a empresa tenha desenvolvido programas específicos para manipulá-las. Uma vez que estes sistemas tenham sido validados e implementados, então será possível que as decisões programáveis não demandem muito tempo do decisor. A importância desta afirmação está apoiada no fato de que os administradores ou decisores devem procurar engajar o máximo possível das decisões organizacionais na categoria de decisões programáveis. Agindo desta maneira, os administradores poderão dispor de mais tempo para se dedicarem em atividades mais criativas.

As decisões não-programáveis são aquelas que tratam de problemas não-rotineiros, mal estruturados, inovadores e de situações políticas. Em geral as decisões são não-rotineiras pelo fato de serem inovadoras e mal estruturadas além da empresa ainda não ter conseguido desenvolver um procedimento para tratá-las formalmente.

Dependendo do escopo, da complexidade e do número de pessoas envolvidas, as decisões podem ser individuais ou coletivas. No moderno mundo de

especializações e interdependência, a maioria das decisões possuem características e conseqüências administrativas.

As decisões podem ser classificadas em termos da esfera de interesses. Por exemplo, pode-se pensar em termos de decisões econômicas, sociais ou políticas. Esta classificação levanta um importante aspecto da decisão: as decisões envolvem antes múltiplas dimensões ao invés de simples e únicas dimensões. Ao longo destas dimensões são estabelecidas metas com dependência temporal.

Finalmente, os problemas decisórios podem ser estáticos (exigindo uma única decisão para todo o horizonte de tempo) ou dinâmicos (exigindo uma série de decisões que são seqüenciais em sua natureza e onde cada uma das decisões afeta as outras).

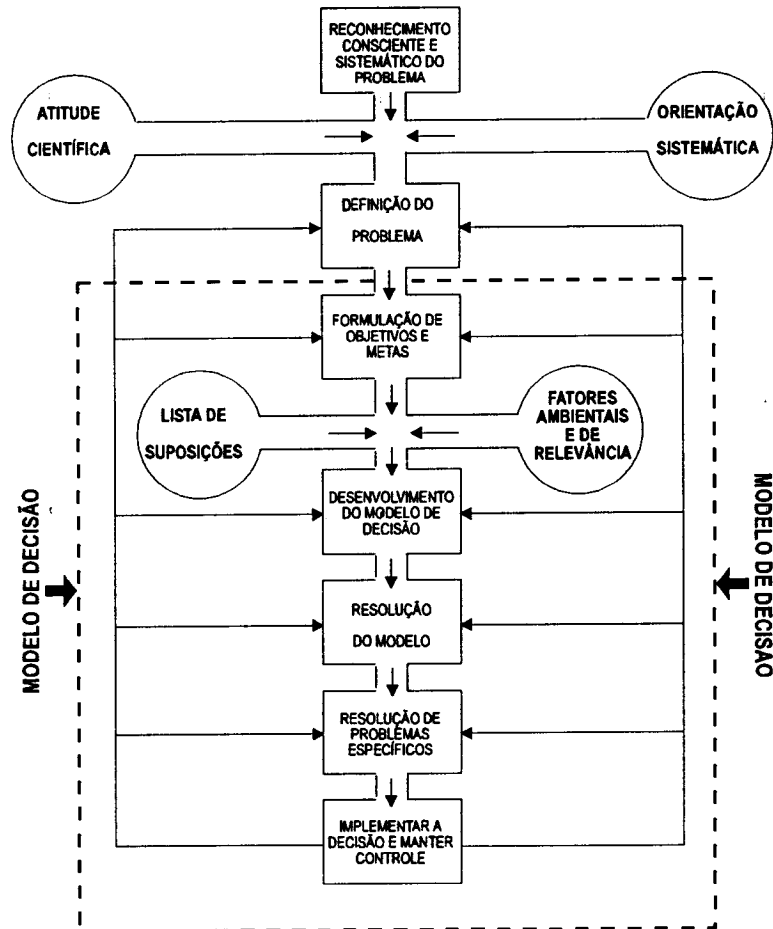
Os modelos podem ser descritivos ou prescritivos. O foco dos modelos de decisão descritivos é o estudo de como as pessoas tomam, realmente, as decisões e não como elas poderiam tomar estas decisões. O propósito dos modelos descritivos é o de descobrir quais os fatores que levam ao sucesso e paralelamente trazer estas descobertas para a atenção do decisor. O foco dos modelos de decisão prescritivos ou normativos é como as decisões devem ser feitas. Os modelos prescritivos ou normativos são construídos de tal forma que os critérios de decisão sejam parte ou parcela do modelo total. Todos modelos normativos são baseados na suposição de racionalidade, a qual exige: 1) A habilidade de estabelecer objetivos de forma clara e de ordená-los em alguma ordem de preferência, de acordo com o conjunto de critérios de decisão. 2) A utilização de meios adequados de otimização para atingir os objetivos. A racionalidade também implica que quando o fator tempo mudar o curso de ações, o administrador fará as mudanças segundo um conjunto de critérios pré-estabelecidos e que lhe sejam mais convenientes.

Enquanto os modelos de decisão normativos assumem uma completa racionalidade e total conhecimento do meio por parte do decisor, considerando este

como um homem econômico, dotado de uma infinita visão, os modelos de decisão descritivos assumem que o decisor é um homem administrativo, com conhecimentos e habilidades limitadas. A teoria do homem administrativo está baseada na suposição de que na vida real os decisores não maximizam em verdade, além do que eles não possuem uma racionalidade infinita. Ao invés disto o atual comportamento dos decisores pode ser descrito mais em termos de "satisfação" e "racionalidade limitada" (SIMON, 1957:198 *apud* LOOMBA, 1978:103).

A estrutura básica do processo decisório está ilustrado na figura 04, conforme propos originalmente SIMON (1957).

FIGURA 04: O processo decisório



FONTE: LOOMBA(1978)

2.5. A Natureza Integrada da Administração

"A administração é uma ciência e também arte. Ciência porque possui um referencial teórico próprio, possível de ser tratado pelo método científico. É arte porque inclui, na resolução dos problemas que surgem na condução das organizações, de habilidades, sensibilidade e intuição" SOUZA et alii (1988) apud ANDRADE (1990).

A essência da administração é realizar decisões com o propósito de atingir objetivos individuais, grupais ou organizacionais. A administração é um conceito multidimensional e dinâmico. Ela é multidimensional porque os problemas administrativos e suas soluções apresentam conseqüências em diversas dimensões, particularmente nos aspectos humano, econômico, social e político. A administração é um conceito dinâmico porque o meio no qual as decisões são tomadas está em contínua mudança. Por este fato, os administradores não devem considerar apenas os aspectos econômicos, mas sobretudo os aspectos humanos, sociais e políticos, quando da realização de complexas decisões dentro de um ambiente em mutação. Os modelos formais que procuram descrever fielmente realidades complexas tornam-se extremamente enfadonhos por serem de difícil formulação, resolução e implementação. É necessário portanto, que o administrador saiba abstrair da realidade características simplificadas, as quais expressem as essências dos problemas. A abordagem mais comum é analisar os problemas em termos econômicos e somente implementar as soluções caso estas estejam de acordo com as restrições humanas, sociais e políticas. LOOMBA (1978:3)

A administração moderna é executada através das ações empresariais a nível estratégico, tático ou operacional. As ações empresariais referem-se a diversos recursos: financeiros, humanos, físicos e mercadológicos. Cada grupo destes recursos pode ser visualizado separadamente e dá origem às denominadas áreas funcionais. No

gerenciamento das áreas funcionais utiliza-se o processo administrativo que é composto pelo planejamento, organização, direção e controle.

A prática e a teoria administrativa tem sofrido uma grande evolução, especialmente neste século, através de diferentes linhas de investigação e que se concentram em pontos específicos da administração. Os avanços no campo da administração estão descritos na literatura sob o título genérico de "Escolas do Pensamento Administrativo". As principais características destas escolas de administração são:

1. Diferentes conceitos, instrumentos, técnicas e visões acadêmicas constituem de forma integrada a estrutura da disciplina "Administração".
2. Todas as escolas de administração utilizam explicita e implicitamente a abordagem (métodos) quantitativa na resolução dos mais variados problemas administrativos.

Uma síntese das características descritas acima está ilustrada na figura 05.

FIGURA 05: A Natureza Integrada do Pensamento Administrativo



FONTE: LOOMBA(1978)

2.6. A Administração e o Planejamento Florestal

"A administração florestal refere-se ao estudo e aplicação de técnicas analíticas que auxiliem na escolha de alternativas que mais contribuem com os objetivos da empresa florestal." LEUSCHNER (1984:2)

"Administrar florestas é elaborar planos e executar decisões, priorizando o equilíbrio da floresta com o meio ambiente através do uso racional dos conhecimentos técnicos e biológicos, além de reconhecer que as pessoas e as ciências sociais também são vitais para o empreendimento florestal." (DUERR, 1979:9)

Planejar é pensar e organizar para o futuro. Planificar o futuro significa conhecer perfeitamente o passado, e a precisão do planejamento dependerá da qualidade das informações disponíveis (SPEIDEL, 1966; MARTINI & LEITE, 1988 *apud* ANGELO, ENCINAS, HOSOKAWA, 1991:1).

Em consequência, uma característica do planejamento florestal é saber definir antecipadamente quais as medidas que serão necessárias para alcançar a meta proposta. Não somente devem ser determinadas as medidas como também se faz necessário diagnosticar quais as metas possíveis no sentido financeiro, tendo em vista as forças produtoras do sítio.

Consequentemente, o planejamento deve fundamentar-se na realidade atual, para ter condições de coordenar todas as medidas porventura disponíveis. Assim, uma medida técnica numa floresta não terá só uma consequência, fatalmente incidirá numa série de consequências colaterais.

A teoria do planejamento aliada à pesquisa operacional tem sido um dos principais fatores responsáveis pelo progresso alcançado nas nações desenvolvidas neste século. Assim deixou-se de tomar decisões por intuição ou por processos empíricos. Atualmente nessas nações são adotadas técnicas e métodos modernos de planejamento calcados em princípios científicos (MARTINI & LEITE, 1988).

No Brasil, o planejamento florestal ainda não recebeu a merecida atenção. Milhares de hectares são plantados e explorados anualmente, sem qualquer tipo de planejamento que considere as variáveis pertinentes num processo de longo prazo. Os planos, quando existem, são elaborados com critérios empíricos e sem qualquer segurança. (MARTINI & LEITE, 1988 *apud* ANGELO, ENCINAS & HOSOKAWA, 1991)

O planejamento florestal poderá ser "individual" quando considerar separadamente cada povoamento, sítio, talhão, etc. Poderá ser "geral" quando considerar a empresa como um todo e visar à persistência das florestas e da renda. Ou então "financeiro", o qual segue o fluxo de caixa da empresa, o plano de investimento, e pode ser avaliado facilmente pelo método do valor presente líquido, pela taxa interna de retorno e por outros parâmetros derivados da matemática financeira. (ANGELO, ENCINAS & HOSOKAWA, 1991:7)

2.7. As Escolas de Administração

É da natureza humana abordar um mesmo problema sob diferentes perspectivas.

A administração é por sua natureza um fenômeno extremamente complexo e multidimensional, conseqüentemente o seu estudo tem-se ramificado em várias linhas, destacando-se as econômicas, fisiológicas, sociais, psicológicas e outras interdisciplinares. Como toda disciplina, a administração está sujeita a mudanças e inovações ditadas pelas necessidades e circunstâncias de uma determinada época. Foi durante o período da revolução industrial, por exemplo, que os princípios da divisão e especialização do trabalho foram utilizadas para desenvolver os sistemas de produção. O único conceito durante este período foi o da obtenção de alta produtividade através da melhoria técnica das máquinas. Mais tarde, durante a última parte do século XIX e no

início do século XX é que a administração começou a dar uma considerável atenção aos aspectos fisiológicos do homem. As contribuições de Frederick Taylor (Estudos de Tempos), Frank Gilbreth (Estudos de Movimentos) e Henry Gantt (Gráficos de Programação e Controle de Produção), foram uma consequência dos esforços de maximizar-se a produção não apenas das máquinas mas principalmente do sistema homem-máquina. Desde meados deste século vários estudiosos em administração têm se dedicado em descrever e explicar os fundamentos sociais, técnicos, políticos e psicológicos da administração. Tais contribuições na decisão, análise e operacionalização da administração foram agrupados e discutidos na literatura sob o título "Escolas de Administração" ou "Escolas do Pensamento Administrativo".

A literatura sobre administração oferece várias classificações das escolas de administração, entretanto, estas classificações não devem ser vistas de forma rígida e definitivas, mas apenas como uma estruturação de idéias com o propósito de comunicação, aprendizagem e ensino. O pensamento administrativo pode ser apresentado através de cinco escolas de administração, a saber:

1. Administração Científica;
2. Administração Gerencial;
3. Relações Humanas;
4. Ciências Comportamentais;
5. Pesquisa Operacional.

A ordem de classificação corresponde aproximadamente com a sequência cronológica em que estas escolas surgiram. Na tabela 01 estão listados de forma resumida as principais características, bem como os maiores expoentes de cada escola (LOOMBA, 1978).

TABELA 01: Escolas do Pensamento Administrativo

Escolas do Pensamento Administrativo	Maiores Colaboradores	Principais Pontos ou Características
1. Administração Científica (1890-1916)	Frederick Taylor Frank Gilbreth Henry Gantt	<ul style="list-style-type: none"> • Método científico aplicado em problemas de produção • Estudos do tempo • Estudo de movimentos • Organização funcional
2. Administração Gerencial (1910-1930)	H. Fayol L. Urwick J. Mooney A. Riley	<ul style="list-style-type: none"> • Princípios administrativos • Orientação macro para a concepção administrativa • Maior confiança na experiência e intuição do que em dados empíricos
3. Relações Humanas (1930-1950)	Mary Parker Follett Elton Mayo	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da motivação humana • Abordagem de grupo de administração • Início de experiências científicas com os problemas humanos
4. Ciência do Comportamento (1950 -)	Chris Argyris Rensis Likert Herbert Simon James March	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação rigorosa do método científico para os problemas de comportamento individual e organizacional • Ênfase da psicologia, sociologia e antropologia na pesquisa da teoria organizacional
5. Pesquisa Operacional (1950 -)	P.M.S. Blackett George Dantzig C. West Churchman Russell Ackoff Richard Bellman	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos matemáticos dos problemas administrativos • Método científico • Uso de equipes interdisciplinares • Abordagem sistêmica

FONTE: LOOMBA(1978)

2.8. Pesquisa Operacional

Segunda LOOMBA (1978), a escola da pesquisa operacional, foi desenvolvida tendo como base o método científico e a teoria sistêmica. Define-se, pois, pesquisa operacional como uma ramificação da administração, a qual utiliza uma abordagem racional, lógica, sistêmica e científica na análise do processo e dos problemas administrativos. A pesquisa operacional procura desenvolver modelos científicos que incorporem os elementos aleatórios, de risco e de incerteza, de maneira a antever os resultados de diversas alternativas para um mesmo problema, e desta forma, auxiliar os administradores a realizarem escolhas racionais além de estabelecer políticas ótimas. O ponto focal da pesquisa operacional tem sido basicamente o sub-sistema técnico-econômico das organizações. A pesquisa operacional é essencialmente normativa, isto é,

ela descreve um curso específico de uma determinada ação administrativa. Em outras palavras, ela diz como o administrador deve se comportar. A pesquisa operacional determina soluções específicas para problemas específicos, baseado em um conjunto de suposições bem definidas. Os termos "Ciência da Administração", "Pesquisa Operacional", "Ciência das Decisões", "Ciência dos Sistemas" e "Análise de Sistemas" são muitas vezes utilizados, na literatura, como sinônimos. A pesquisa operacional teve a sua origem na Inglaterra durante a segunda guerra mundial, oportunidade em que foi dado a uma equipe de pesquisadores a tarefa de resolver complexos problemas de logística militar. Os pioneiros da pesquisa operacional utilizaram a metodologia científica combinada a uma abordagem indutiva através do uso de analogias. Os modelos eram construídos e testados através de analogias com estruturas lógicas previamente desenvolvidas. O conhecimento adquirido permitiu a estruturação de diversos modelos para analisar problemas de alocação de recursos, controle de estoques, filas, determinação de rotas, etc. Inicialmente a atenção estava no desenvolvimento de uma variedade de modelos com características e propriedades conhecidas e cujas soluções são obtidas dedutivamente. Contribuições importantes para a promoção da filosofia e aplicação da pesquisa operacional incluem C. West Churchman, Russel Ackoff, George Dantzig, Richard Bellman e outros.

A pesquisa operacional pode ser vista tanto como uma estrutura de conhecimento como uma abordagem para analisar e resolver problemas administrativos. Como estrutura de conhecimento ela é formada por várias teorias administrativas, métodos, modelos, instrumentos e técnicas que podem ser utilizadas para tratar de uma infinidade de problemas administrativos. Os modelos de pesquisa operacional têm sido usados para analisar problemas estratégicos, táticos ou operacionais. Programação linear, programação dinâmica, programação estocástica, cadeias de Markov e modelos de simulação são alguns exemplos de modelos de pesquisa operacional. Técnicas de avaliação e revisão de programas, método do caminho crítico, análise de sensibilidade,

modelos de informações e modelos de custos são exemplos adicionais de tópicos que constituem a estrutura de conhecimento em pesquisa operacional.

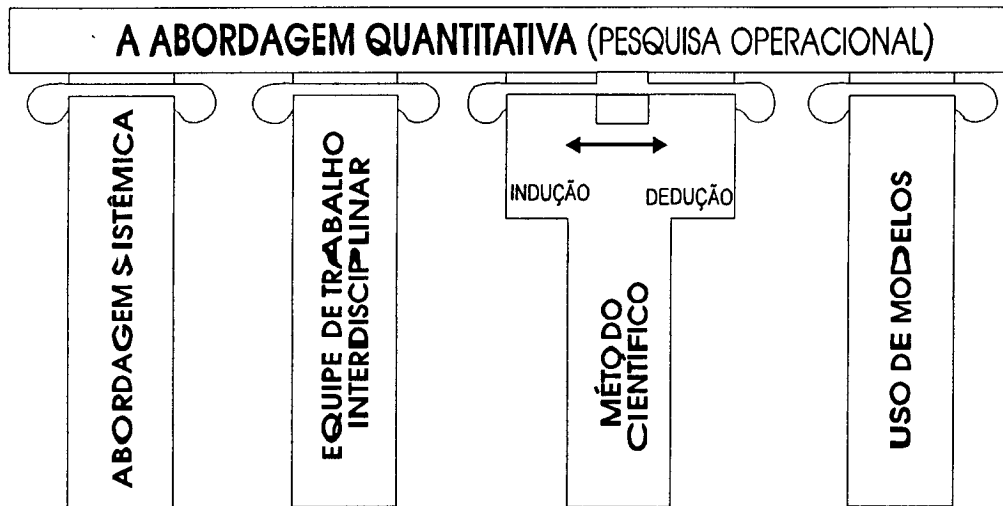
Como uma abordagem, a pesquisa operacional refere-se à atitude com a qual os cientistas da administração enfocam, analisam e solucionam os problemas administrativos. A abordagem visa contruir modelos e teorias segundo o método científico e através da inferência indutiva ou dedutiva. A essência desta abordagem baseia-se nas premissas de que o problema precisa ser expresso quantitativamente e que é preferível um modo de expressão e raciocínio simbólico a um modo verbal.

A pesquisa operacional tem sido eficaz por duas razões. Primeiro pelo fato do método científico produzir resultados que permitem solucionar os problemas administrativos e em segundo lugar pela solução de complexos problemas de decisão a nível operacional, através de técnicas ou instrumentos inovadores e não convencionais. (LOOMBA, 1978)

Por fim, a pesquisa operacional é caracterizada, conforme ilustra a figura 6 por:

1. Abordagem Sistêmica;
2. Equipe de Trabalho Multidisciplinar;
3. Aplicação do Método Científico;
4. Utilização de Modelos.

FIGURA 06: A Abordagem Quantitativa



FONTE: LOOMBA(1978)

2.9. A Teoria Geral de Sistemas

MACIEL (1971) *apud* GASTAL (1975) define a teoria geral dos sistemas como: "Ciência multidisciplinar que tem por objetivo a investigação dos sistemas e seus elementos, das combinações daqueles em supersistemas e destes, respectivamente, em estrutura ou subsistemas, bem como de seus modos de ação (ou comportamento)".

A idéia de sistema é praticamente tão antiga quanto o homem, visto que é inerente à natureza e, conseqüentemente, perceptível desde o momento em que homem estabelece relações conscientes com a mesma. Entretanto, só mais recentemente, com o desenvolvimento da cibernética e a revolução da comunicação é que se desenvolveu todo um esforço de elaboração teórica em torno da velha idéia de "Sistema".

A noção de sistema, conforme assinala MACIEL (1971) *apud* GASTAL (1975), é bastante primitiva, no sentido de que não se deixe facilmente definir em função de conceitos mais simples, visto que se trata de um conceito de grande extensão, isto é, aplica-se a quase tudo o que existe, e é "complexo" e "organizado". Conseqüentemente, é também conceito de pequena "compreensão", isto é, o conjunto de notas, nos termos em que se pode entender, é bastante pobre dando margem às mais variadas denotações.

MACIEL (1971) *apud* GASTAL (1975) termina por apresentar uma definição "interna" e outra "externa" de "sistema", assim como a definição dos conceitos fundamentais envolvidos nas duas definições.

Definido "internamente", um sistema é um conjunto de elementos quaisquer ligados entre si por cadeias de relações, de tal modo a constituírem um todo organizado.

Distinguem-se na definição os seguintes conceitos:

Conjunto - Conceito primitivo, fundamental à Matemática, objeto de estudo da Teoria dos Conjuntos. A Teoria Geral dos Sistemas, por conseguinte, implica a Teoria dos Conjuntos, e portanto, toda Lógica Matemática, em especial o Cálculo Proporcional, a Lógica de Classes e Lógica de Relações.

Elemento - Conceito primitivo, relativo, que supõe, juntamente com o anterior, o problema clássico em Filosofia da Ciência do dualismo *Parte x Todo*, problema de grande importância que conduz diretamente às questões da simplicidade e da complexidade em Ciência.

Relação - Conceito absolutamente primitivo, constituindo problemática clássica tanto em Filosofia quanto em Ciência, essencial à correta compreensão de "conjunto" e "sistema". Decorre-se que somente em termos de relação é possível definir as propriedades de "pertinência" (de um elemento ao seu conjunto) e de "inclusão" (de um subconjunto em seu conjunto). Além disto o conceito de relação está na mesma essência do conceito de sistema, visto que um sistema não pode ser entendido senão em termos de uma estrutura – e esta vem a ser, em última análise, um conjunto de relações.

Tudo - Conceito primitivo (mais complexo, porque supõe todos os outros), levando diretamente ao estudo da cosmologia. Envolve uma das questões mais profundas da Filosofia da Ciência: o uno e o múltiplo, o simples e o

complexo, o orgânico e o inorgânico, a harmonia e o caos, a entropia e a desentropia (ausência de entropia), o determinado e o indeterminado, o uniforme e o multiforme.

Definido "exteriormente", um sistema concebido como um todo organizado, dinamicamente relacionado com o meio externo (isto é, continuamente sujeito à mudança) e que apresenta, em qualquer momento, um conjunto de atributos e de modos de ação (ou comportamento). Destacando-se os conceitos:

Mudança - filosoficamente equivalente à "diferença" e considerado, talvez, o mais "primitivo" da cibernética, devido a sua grande extensão e pequena compreensão.

Atributo - Aquilo que é próprio do sistema, que o faz diferente dos demais, sua característica específica.

Modo de ação - (ou comportamento) de um sistema, relação definida entre a ação que o sistema recebe do meio exterior e aquela que ele transmite ao meio.

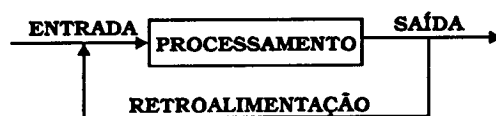
Somente a Teoria Geral dos Sistemas, com sua abordagem eminentemente interdisciplinar, pode fornecer um enfoque suficientemente universal e ao mesmo tempo heurístico, à altura de propiciar um método ou uma linguagem adaptável às diversas ciências, mesmo àquelas cujo objetivo material se situa em ordem distinta do real, como por exemplo Biologia e Economia. A Teoria Geral dos Sistemas realiza este método através da análise relacional, estrutural ou funcional.

Um "sistema" é, em última análise, um conjunto de entes (elementos) e de suas relações. Uma "estrutura" vem a ser o conjunto dessas relações entre esses elementos. Logo, sistema é "coisa", estrutura é "relação". Sistema é conceito absoluto; estrutura é conceito estritamente relativo.

Qualquer sistema, não importa a que domínio objetivo da realidade pertença, supõe três conjuntos intimamente associados: conjunto de elementos, conjunto de atividades (ações) e conjunto de relações.

No entanto, as categorias de ação e relação não são suficientes para determinar um sistema complexo. Juntas, elas constituem a categoria das "interações", que tanto pode ser definida em termos do terceiro conjunto (estrutura), quanto em termos de uma relação definitiva no conjunto dos estímulos e respostas ("*inputs*" e "*outputs*") do sistema. Falta ainda uma última categoria para completar a análise. A relação entre o estímulo e respostas, que constitui a essência da interação, exige, pela própria definição de relação, que se tenha ao menos "dois elementos" trocando ação. O estímulo de um corresponde à resposta do outro, é uma "transformação" dessa resposta. Impõe-se, pois, mais esta categoria – a de comunicação ou informação. A idéia de sistema está ilustrado na figura 07.

FIGURA 07: Representação de um Sistema Aberto.



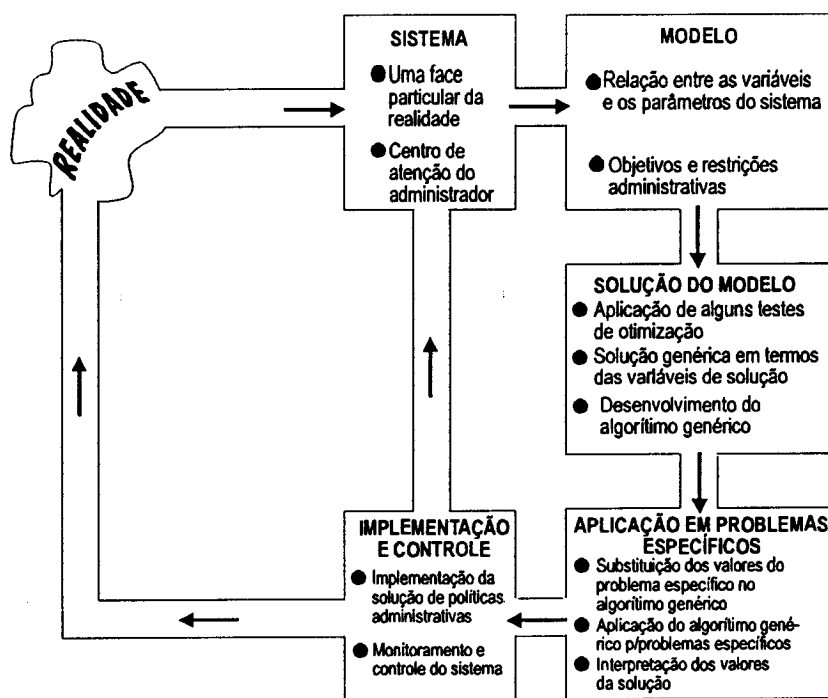
Finalizando, CHURCHMAN (1968:81) *apud* LOOMBA (1978:81) considera necessários 5 itens para analisar, entender e administrar um sistema, a saber:

1. Conhecimento dos objetivos e das medidas de desempenho;
2. Conhecimento do ambiente e de suas restrições;
3. Conhecimento dos recursos existentes;
4. Conhecimento dos sub-sistemas e de seus respectivos objetivos e medidas de desempenho;
5. Conhecimento do modelo gerencial a ser utilizado.

2.10. O que é um Modelo?

Enquanto um sistema representa uma parte específica de uma realidade, um modelo, por sua vez, é uma representação particular de um sistema. Portanto pode-se definir o termo "Modelo" da seguinte forma: "Um modelo é uma representação particular de um sistema, o qual, por sua vez, representa uma parte específica da vida real, de um objeto de interesse ou de um assunto de investigação" (LOOMBA, 1978).

FIGURA 08: Relação entre realidade, sistema e modelo



FONTE: LOOMBA(1978)

Uma vez que um sistema tenha sido definido ou um problema tenha sido concebido é necessário representá-lo de alguma maneira. E é justamente através dos modelos que conseguimos abstrair a essência de uma dada realidade, e representá-la segundo a nossa vontade. Os meios de representação podem ser físicos, gráficos, esquemáticos, analógicos, matemáticos, simbólicos ou uma combinação destes.

FORRESTER (1961:49) *apud* LOOMBA (1978:84) descreveu os modelos da seguinte maneira:

"Os modelos são amplamente aceitos como um meio para estudar fenômenos complexos. Um modelo é um substituto para alguns sistemas físicos ou abstratos. A grande vantagem do uso de modelos está no fato de que através deles é possível compreender melhor certas características da realidade do que através de observações diretas desta mesma realidade. Um modelo quando comparado com o sistema real que ele representa pode fornecer valiosas informações a um custo bem mais baixo. Conhecimentos específicos podem ser obtidos de forma mais rápida e em condições, geralmente, não observáveis na vida real."

Um dos principais objetivos de um modelo é permitir que o administrador tenha um melhor grau de controle sobre as suas operações e seu ambiente de trabalho. A qualidade de um modelo é mensurada através de sua capacidade de prever com exatidão os eventos futuros.

Para que um modelo possa tornar-se um instrumento de previsão, é necessário descrever e explicitar o sistema a ser modelado. Se um modelo demonstrar ser um fidedigno previsor de um sistema real, então ele também poderá ser utilizado para descrever as melhores alternativas para uma determinada situação. Segundo SIMON (1960), dependendo dos propósitos dos administradores ou do estágio de desenvolvimento e sofisticação do modelo, estes poderão ser classificados em:

1. Descritivos (descrevem o que é);
2. Explicativos (explicam o comportamento através do estabelecimento de relações entre os componentes do modelo);
3. Previsionais (predizem o comportamento sob a ação de diferentes situações);

4. Prescritivos ou Normativos (fornecem diretrizes para aquilo que deve ser feito);
5. Combinação de características das categorias anteriores.

A construção de modelos que representem fielmente a realidade não é uma tarefa fácil. A realidade é tão complexa que com frequência torna-se difícil visualizá-la e compreendê-la em sua plenitude. Além do mais, mesmo que haja uma suficiente compreensão da realidade, o intento de representá-la através de modelos terá sempre um sucesso parcial. Isto se deve ao fato de que o estado de arte na construção de modelos pode não estar de acordo com a tarefa proposta (este é o caso da construção de modelos de comportamento humano) e além disso, mesmo que seja possível capturar todos os complexos aspectos da realidade, o modelo poderá se tornar matematicamente intratável. Portanto uma simplificação da realidade se faz necessária, objetivando elaborar modelos práticos e úteis. As suposições destes modelos não precisam necessariamente representar um sistema real. Teria-se, assim, um ponto de partida. Posteriormente, poderia-se eliminar, de forma gradual, as suposições artificiais, aproximando, assim, o modelo do sistema real. Existem, portanto, algumas limitações no uso dos modelos como réplicas perfeitas de sistemas reais. Isto, entretanto, não invalida a modelagem de sistemas reais. Ao contrário, a modelagem não só é cabível como é a melhor abordagem para analisar e solucionar complexos problemas decisórios. É muito mais fácil, mais exequível, menos oneroso além de consumir menos tempo para se obter informações de modelos do que seria com experimentações de campo do sistema real. Um modelo é útil quando ele é simples de ser compreendido, possui capacidade explicativa e de predição além de permitir que valiosas inferências sobre o sistema real sejam feitas.

A questão fundamental na construção de um modelo reside na sua capacidade em explicar e prever o sistema real que pretende representar. O modelo deve ser apto em explicar a relação dos componentes com o sistema, a relação entre

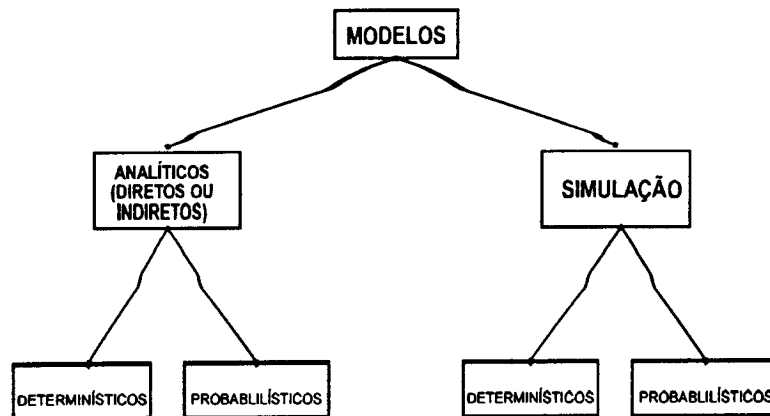
cada um dos componentes além das possíveis respostas do sistema frente a mudanças em seus componentes. (LOOMBA, 1978:86)

2.11. Classificação dos Modelos

Pode-se estabelecer várias classificações de modelos, dependendo do propósito ou critério da classificação. Já foi apresentado a classificação segundo o "Propósito" o qual consiste em quatro categorias: descritivos, explicativos, previsionais e prescritivos. Além desta podemos ter outros critérios conforme está descrito a seguir (LOOMBA, 1978:86).

- 1. Classificação segundo o grau de abstração**
- 2. Classificação segundo as características comportamentais**
- 3. Classificação segundo o grau de certeza**
- 4. Classificação segundo a forma ou conteúdo**
- 5. Classificação segundo o procedimento de solução**

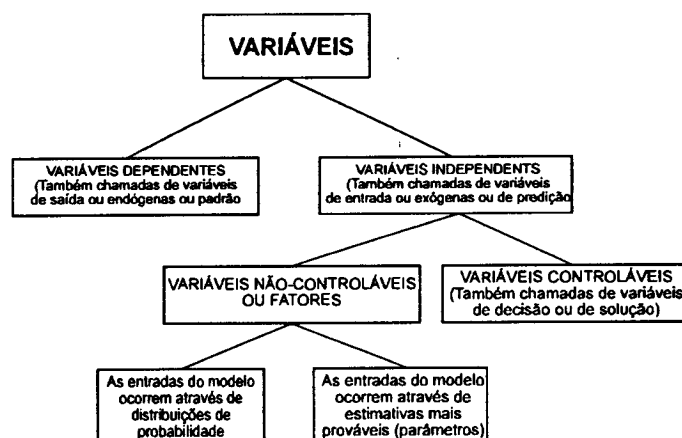
Em geral a solução dos modelos matemáticos pode ser obtida através de dois procedimentos, a saber: (1) Analíticos e (2) Simulação, conforme ilustra a figura 09. No procedimento analítico, duas categorias podem ser identificadas. Na primeira categoria as soluções são genéricas e expressas em uma forma abstrata, isto é, a solução é representada através de símbolos, e podem ser usadas diretamente na solução dos problemas, isto é, pode-se obter uma estratégia ótima de uma medida não interativa. Na segunda categoria as soluções dos problemas são obtidas individualmente através de uma metodologia genérica denominada "algoritmo". Esta categoria de procedimentos analíticos é interativa (numérica) por natureza. Nos casos interativos o problema em questão não é solucionado de forma direta, utiliza-se, geralmente, um algoritmo para produzir soluções numéricas, as quais irão gerar sucessivas tentativas (interações) numéricas até que se obtenha a solução ótima.

FIGURA 09: Modelos Analíticos *versus* Simulação

FONTE: LOOMBA(1978)

No procedimento de simulação a solução não é obtida de forma dedutiva. Ao invés disto o modelo é "Experimentado" através de variações nas variáveis independentes controláveis, observando-se, então, os efeitos sobre a variável dependente. Para ilustrar a classificação das variáveis veja figura 10. Os procedimentos de simulação utilizam o conceito de amostragem aleatória. A utilização de amostras aleatórias permite descrever o comportamento de um sistema durante um período pré-estabelecido e em condições conhecidas.

FIGURA 10: Classificação de Variáveis



FONTE: LOOMBA(1978)

2.12. Modelos de Simulação ou Procedurais

Os "Modelos Analíticos" possuem uma estrutura matemática explícita e podem ser solucionados através de técnicas analíticas ou matemáticas. Entretanto costumam surgir duas dificuldades na formulação e na solução dos modelos analíticos. Primeiro, a realidade, em certos casos, pode ser tão complexa que não permita a construção de modelos analíticos. Segundo, mesmo sendo possível construir um razoável modelo de um sistema real é possível que este modelo não tenha uma solução, ou seja, a solução está além do atual estado de arte ou então é simplesmente oneroso demais. Nestes casos a alternativa é analisar o problema através da simulação.

Os "Modelos de Simulação" objetivam experimentar, computacionalmente ou manualmente, uma estrutura matemática de um sistema real, de maneira tal que seja possível descrever e analisar o comportamento do sistema em tempo real e dentro de certas suposições. Um modelo de simulação também é uma estrutura matemática que, entretanto, não é solucionado matematicamente. Ao invés disto, é realizado uma série de experimentações objetivando produzir um conjunto de resultados que serão interpretados estatisticamente. (LOOMBA, 1978:93)

Segundo SHANNON (1975) *apud* STRACK (1984:101) os modelos procedurais ou de simulação apresentam os elementos e inter-relações do sistema representados por procedimentos lógicos ou matemáticos. Para a obtenção das informações ou resultados, eles são "executados", em vez de serem "resolvidos". A simulação não é uma teoria, mas uma metodologia de resolução de problemas. Neste sentido, a simulação é um método de modelagem que não gera soluções por si só, como os modelos analíticos, mas servem como técnica ou ferramenta para atuar "da mesma maneira" que o sistema estudado, donde são obtidos dados estatísticos de desempenho para as análises. As características acima evidenciam uma similaridade conceitual entre simulação e experimentação. A consequência importante disto é que os problemas

surgidos no projeto de medições experimentais são idênticos ou muito similares àqueles a serem resolvidos na simulação.

As áreas de aplicação da simulação são diversas e numerosas. Abaixo estão listados alguns tipos particulares de problemas para os quais a simulação mostrou ser uma útil e poderosa ferramenta.

- Projeto e análise de sistemas de manufatura;
- Avaliação das necessidades de *Hardware e Software*;
- Avaliação de novas táticas militares;
- Determinação de políticas de estoques;
- Projeto de sistemas de comunicação;
- Projeto e operação de meios de transporte;
- Avaliação de projetos na área de prestação de serviços;
- Análise de Sistemas Financeiros ou Econômicos.

Segundo LAW & KELTON (1991:2) a simulação como técnica é uma das mais abrangentes da pesquisa operacional. Os membros da divisão de pesquisa operacional do Instituto Americano de Engenharia da Produção foram pesquisados por SHANNON, LONG e BUCKLES (1980) os quais relataram que a simulação obteve o segundo lugar em familiaridade, atrás apenas da programação linear, é o primeiro em termos de interesse e utilidade num *ranking* de doze metodologias. FORGIONE (1983) e HARPELL, LANE e MANSOUR (1989) também relataram que a simulação obteve o segundo lugar em utilização, atrás apenas da análise estatística, dentre oito instrumentos de análise, pesquisados junto às grandes corporações americanas. FENSTERSEIFER, GALESNE e ZIEGELMANN (1987) em um estudo intitulado "A Utilização de Técnicas Analíticas nas Decisões de Investimentos de Capital das Grandes Empresas no Brasil",

realizado junto a 153 empresas, constataram que 46,4% destas empresas utilizavam a simulação como técnica quantitativa de gestão empresarial.

Tem havido, entretanto, vários obstáculos para uma ampla aceitação e utilização da simulação. Inicialmente a modelagem de complexos sistemas reais envolvem enormes esforços de programação e execução do programa. Esta tarefa tem sido simplificada nos últimos anos graças ao desenvolvimento de *softwares* que fornecem automaticamente as características necessárias para codificar o modelo. Um outro problema é que os modelos de simulação demandam muito tempo para serem "processados" no computador. Todavia, com os atuais avanços computacionais, tanto o tempo de processamento como o custo-hora tem caído vertiginosamente.

Lamentavelmente muitos estudos de simulação tem conduzido a interpretações errôneas sobre o sistema em estudo. Isto se deve ao fato de que a simulação muitas vezes é vista como um mero exercício de programação computacional, quando em verdade a sua codificação exige muito mais do que apenas o domínio de uma determinada linguagem de programação. É preciso ter consciência que a simulação não é um simples programa heurístico que possa ser processado uma única vez, ao contrário disto, um estudo de simulação prevê várias rodadas, visando assim obter um conjunto de dados, os quais irão receber tratamento estatístico adequado para, só então, fornecer as devidas inferências sobre o sistema em estudo.

Quando se estuda um modelo matemático através da simulação é preciso atentar para alguns problemas específicos. É útil, portanto, fazer as seguintes distinções:

- **Modelos de Simulação Dinâmicos versus Estáticos.** Um modelo de simulação estático é a representação de um sistema em um determinado instante no tempo ou então quando o tempo não tenha importância para o modelo. Um exemplo seriam os modelos de Simulação de Monte

Carlo. Por outro lado um modelo de simulação dinâmico representa sistemas para o qual a variável tempo é relevante.

- **Modelos de Simulação Estáticos *versus* Determinísticos.** Se um modelo não contiver nenhuma componente probabilística (aleatória) será, então, denominado de "determinístico". Nos modelos determinísticos as saídas são funções específicas das entradas do modelo (parâmetros e relações). Muitos sistemas precisam, entretanto, ser modelados tendo como componentes de entradas valores aleatórios, isto caracteriza, portanto, os modelos de simulação estocásticos. Os modelos de simulação estocásticos produzem resultados estocásticos e portanto precisam ser tratados como estimativas das características reais do modelo, sendo assim, esta seria uma das principais desvantagens deste tipo de simulação.
- **Modelos de Simulação Discretos *versus* Contínuos.** Um modelo discreto é aquele no qual o estado das variáveis muda instantaneamente em períodos distintos do tempo. Já um modelo contínuo é aquele no qual o estado das variáveis muda continuamente no tempo. A maioria dos sistemas não é totalmente contínuo ou discreto, entretanto se um dos dois tipos de mudança de estado prevalecer, então será possível classificar o sistema como discreto ou contínuo. Define-se como estado de um sistema o conjunto de variáveis necessárias para descrever um sistema num dado instante ou período de tempo.

2.13. Modelos de Simulação de Eventos Discretos

Segundo LAW e KELTON (1991) a simulação de eventos discretos refere-se à modelagem de sistemas nos quais o estado das variáveis muda instantaneamente em

períodos distintos no tempo. Em termos matemáticos, pode-se dizer que o sistema operacional pode mudar apenas em um número contável (enumerável) de tempo. Estes instantes no tempo são os únicos nos quais um evento pode ocorrer. Um evento é definido como um acontecimento instantâneo que pode mudar o estado de um sistema. Apesar das simulações de eventos discretos poderem ser calculados manualmente, o montante de dados e informações processadas impõe que este tipo de simulação seja realizada através de computadores digitais.

2.13.1. Mecanismos de Avanço de Tempo

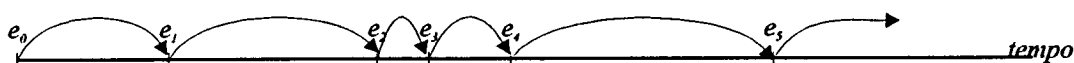
A natureza dinâmica dos modelos de simulação de eventos discretos necessita de um mecanismo de avanço de tempo que permita acompanhar o valor corrente do tempo simulado, da mesma forma como ele é processado pelo simulador. O relógio de simulação é um atributo das variáveis do modelo que fornecem o valor corrente do tempo simulado. A unidade de tempo do relógio simulador, quando o modelo é programado em uma linguagem genérica, é o mesmo das unidades dos parâmetros de entrada. Também não há, geralmente, relação entre o tempo simulado e o tempo necessário para rodar uma simulação no computador.

Historicamente, duas abordagens tem sido sugeridas para avançar o relógio simulador: avanço de tempo pelo próximo evento ou avanço de tempo a incrementos fixos.

Na abordagem de avanço do tempo pelo próximo evento o relógio do simulador é zerado e o tempo de ocorrência de futuros eventos é determinado. O relógio é então avançado até o instante de ocorrência do evento mais eminente. Neste instante o estado do sistema é atualizado, além de serem gerados os instantes futuros de ocorrência dos eventos. O relógio simulador é então avançado para o instante do evento mais eminente e o estado do sistema é novamente atualizado além de serem gerados

novamente os instantes futuros de ocorrência, e assim por diante. Este processo de avanço do relógio simulador de um evento ao outro é contínuo até que alguma condição de parada pré-estabelecida seja satisfeita. As mudanças de estado nos modelos de simulação de eventos discretos ocorrem somente através de eventos de tempo, por conseguinte, os períodos inativos são "saltados" através do avanço do relógio de evento a evento, conforme está ilustrado na figura 11, onde as linhas curvas representam o avanço do relógio simulador e e_i ($i = 1, 2, \dots$) o atual tempo de ocorrência do i -ésimo evento de algum tipo qualquer (não confundir com o i -ésimo instante do relógio simulador).

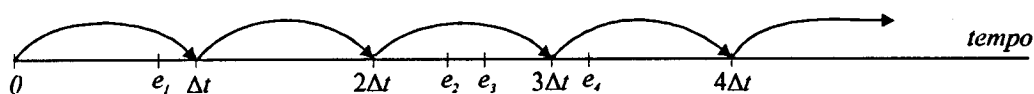
FIGURA 11: Avanço do Tempo pelo Próximo Evento



Na abordagem de avanço do tempo a incrementos fixos o relógio do simulador é avançado em incrementos exatos e pré-estabelecidos de Δt unidades de tempo.

Após cada atualização do relógio uma averiguação é feita para determinar se algum evento poderia ter ocorrido no intervalo de tempo Δt . Caso um ou mais eventos tenham sido programados para ocorrer durante este intervalo, então estes eventos serão considerados a ocorrer no final do intervalo e o estado do sistema, além dos contadores estatísticos, serão atualizados, conforme está ilustrado na figura 12

FIGURA 12: Avanço do Tempo a Incrementos Fixos



2.13.2. Componentes e Organização de um Modelo de Simulação de Eventos Discretos

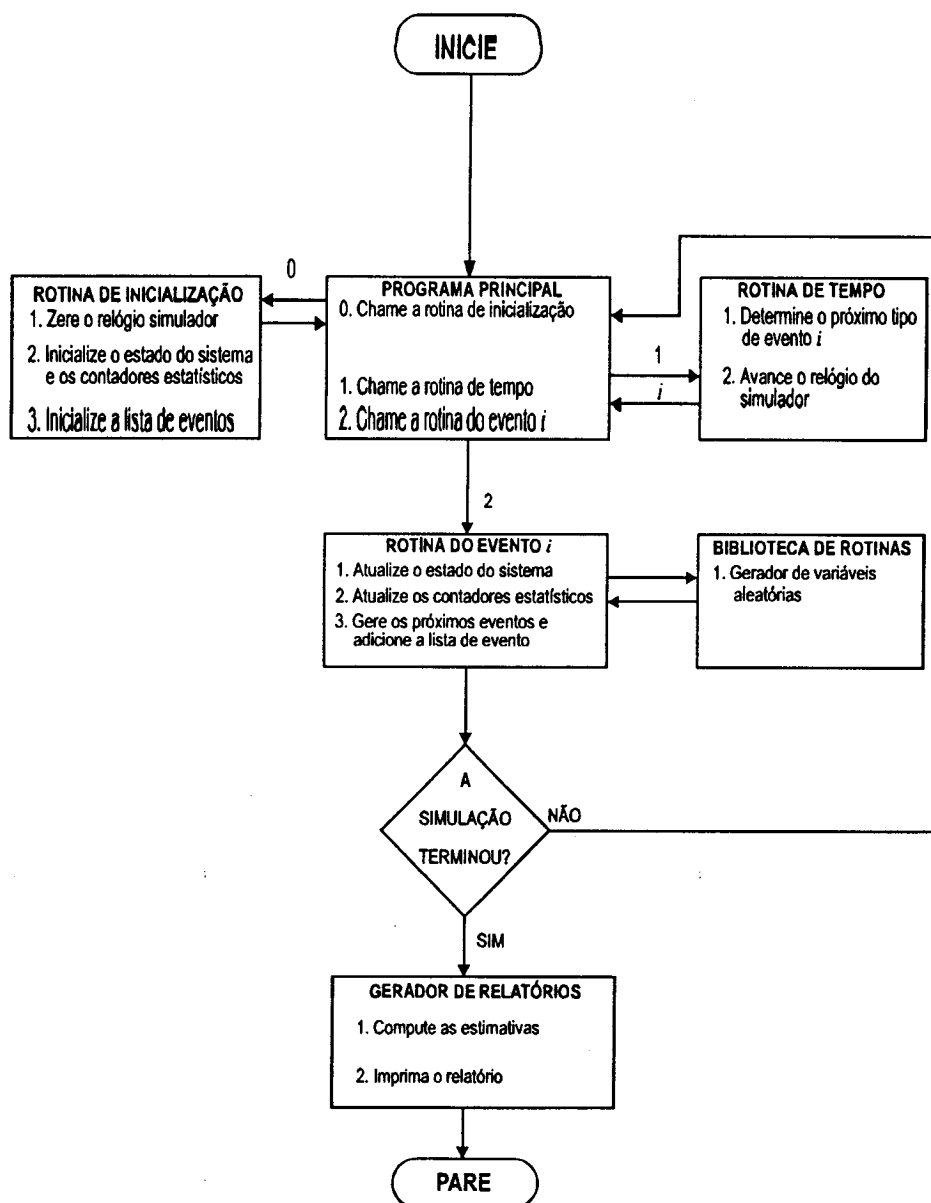
Apesar da simulação ter aplicação em uma grande diversidade de sistemas reais, todos os modelos de simulação de eventos discretos compartilham de componentes comuns. Estes estão dispostos em uma organização lógica o que permite codificar, depurar e mudar os programas dos modelos de simulação a eventos discretos que utilizam o avanço de tempo pelo próximo evento, estes apresentam os seguintes componentes em comum:

- **Estado do Sistema:** Conjunto de variáveis necessárias para descrever um sistema em um determinado instante de tempo;
- **Relógio do Simulador:** É uma variável que fornece o valor corrente do tempo simulado;
- **Lista de Eventos:** Contém os instantes de ocorrência imediatamente seguintes de cada tipo de evento;
- **Contador Estatístico:** É uma variável usada para armazenar informações estatísticas sobre o desempenho do sistema;
- **Rotina de Tempo:** É um sub-sistema que determina o próximo evento da lista de eventos além de avançar o relógio simulador para os instantes em que o evento irá ocorrer;
- **Rotina de Evento:** É um sub-programa que atualiza o estado do sistema quando um tipo particular de evento ocorrer (há uma rotina de evento para cada tipo de evento);
- **Biblioteca de Rotinas:** É um conjunto de sub-programas usados para gerar variáveis aleatórias a partir de distribuições de probabilidades, as quais são parte integrante do próprio modelo;

- **Gerador de Relatórios:** É um sub-programa que registra as estimativas de desempenho dos parâmetros desejados e gera relatórios ao final da simulação.
- **Programa Principal:** É um sub-programa que acessa a rotina de tempo para determinar o próximo evento e então transfere o controle para a respectiva rotina de evento, atualizando apropriadamente o estado do sistema. O programa poderá, também, verificar se a simulação terminou acessando, então, o gerador de relatórios.

O fluxograma de controle deste componentes está ilustrado na figura 13.

FIGURA 13: Fluxograma de um Modelo de Simulação a Eventos Discretos



FONTE: LAW & KELTON (1991)

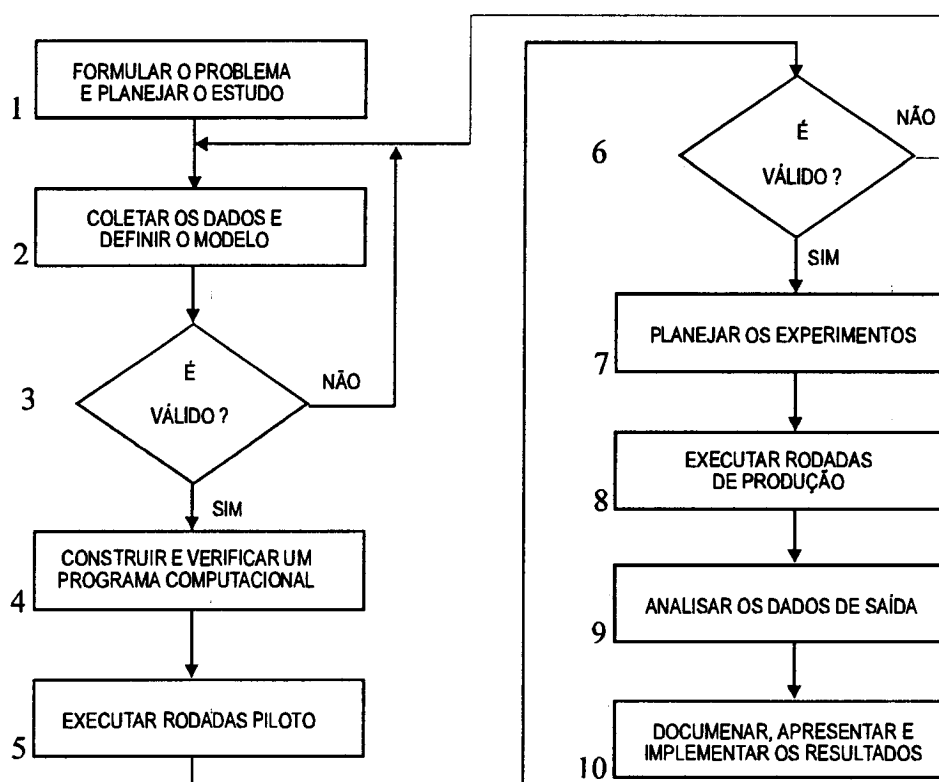
2.13.3. Passos para a Modelagem de um Sistema a Eventos Discretos

Para se compreender e projetar simuladores complexos não basta apenas modelar a codificar o sistema em estudo, é preciso dedicar-se a uma variedade de questões a começar do orçamento e gerenciamento da equipe de trabalho, até o planejamento dos experimentos estatísticos. A figura 14 ilustra as etapas que compõe um típico estudo de simulação e as interrelações destas [ver também, BANKS e CARSON

(1984:12), LAW e McCOMA (1990), SHANNON (1975:23) e GORDON (1978:52)]. É preciso observar que todos os estudos devem seguir sequencialmente estas etapas. Todavia, é preciso salientar que um estudo de simulação não é um simples processo sequencial, e que em muitas das etapas uma retroalimentação (*feedback*) se faz necessário.

A sequência de etapas de um estudo de simulação estão descritas no fluxograma da figura 14

FIGURA 14: Etapas de um Estudo de Simulação



FONTE: LAWW & KELTON (1991)

2.14. Vantagens, Desvantagens e Perigos da Simulação

A simulação já se tornou um método conhecido e com uma ampla e crescente utilização no estudo de complexos sistemas reais. Abaixo estão listados algumas

possíveis vantagens responsáveis pela aceitação desta técnica (LAW & KELTON, 1991).

- Sistemas reais com elementos estocásticos são muito complexo e portanto não permitem uma modelagem e solução analítica.
- A simulação permite estimar o desempenho de sistemas restritos a certas condições operacionais.
- Através da simulação é possível comparar sistemas alternativos de uma mesma realidade e averiguar qual apresenta o melhor desempenho.
- Através da simulação pode-se manter um maior controle sobre as condições experimentais do que seria possível em uma experimentação real.
- A simulação permite reduzir ou ampliar o tempo de estudo sobre um sistema real.

A simulação possui, entretanto, algumas desvantagens, conforme está listado abaixo:

- Os modelos de simulação estocásticos produzem apenas estimativas. Por este motivo são necessárias vários processamentos independentes do mesmo modelo para cada conjunto de parâmetros de entrada. Desta forma os modelos de simulação são mais úteis na comparação de sistemas alternativos do que para realizar otimizações. Já os modelos analíticos reproduzem com mais facilidade as características exatas do modelo em estudo, e caso já estejam validados, serão preferidos aos modelos de simulação.
- Os modelos de simulação geralmente demandam muito tempo e dinheiro.

- A grande quantidade de números produzidos por um estudo de simulação ou o entusiasmo produzido por uma animação gráfica, geralmente, criam uma confiança exagerada no modelo, muito maior do que seria justificável.

Para se construir um simulador é preciso seguir as etapas já descritas anteriormente além de se evitar certas situações perigosas que podem induzir ao fracasso. Algumas destas situações perigosas estão descritas abaixo:

- **Definição inapropriada dos objetivos do estudo de simulação;**
- Nível insuficiente de detalhes do modelo;
- Falta de comunicação regular com os usuários do modelo durante a confecção do mesmo;
- Executar o estudo de simulação como se fosse um mero exercício de programação;
- A equipe de trabalho não possui especialistas em estatística ou pesquisa operacional;
- Utilizar *softwares* comerciais de baixa qualidade ou inapropriados para o problema em estudo.
- Imaginar que a simulação é de fácil compreensão e portanto acessível a qualquer pessoa;
- Uso indevido dos recursos de animação gráfica;
- Determinação incorreta das fontes de aleatoriedade do sistema real;
- Uso arbitrário de distribuições probabilísticas (tais como normal ou uniforme);

- Analisar estatisticamente os resultados das rodadas de simulação assumindo independência entre as variáveis de entrada;
- Realizar uma única replicação do sistema simulador e tratar as respostas como verdadeiras;
- Comparar os modelos alternativos baseado em apenas uma replicação de cada modelo;
- Uso inadequado das medidas de desempenho.

2.15. Uso da Simulação no Planejamento Financeiro

Segundo SCOTT e MOORE (1975:11) *apud* House (1977:308) a simulação de fluxos de caixa é fundamental para o desenvolvimento de análises de risco financeiro, de modelos de planejamento empresarial, além de otimizar os balanços financeiros.

Pode-se destacar o uso da simulação em três campos da área financeira:

1. Planejamento da liquidez;
2. Tomada de decisão em investimentos de capital;
3. Planejamento financeiro de longo prazo.

Segundo LERNER (1968:79) *apud* House (1977:295) uma das arestas da moderna administração financeira tem sido planejar as necessidades financeiras de curto prazo ou o orçamento de capital. As técnicas mais utilizadas na administração financeira não conseguem prever com precisão qual o montante de recursos em caixa que uma empresa precisa ter para proteger-se contra sangrias de caixa. A técnica de simulação, entretanto, pode auxiliar a prever e evitar situações desfavoráveis de caixa.

A técnica de orçamentação, atualmente muito utilizada pelas empresas, requer que a administração financeira prepare apenas uma única estimativa de

determinados valores. Na prática é muito difícil prever com exatidão as entradas e saídas mensais, haja visto as enormes quantidades de variáveis que interferem no fluxo do caixa.

É, entretanto, importante que a administração financeira prepare um orçamento de capital e estime com precisão as expectativas de entrada e saída de caixa. É necessário que o administrador financeiro trate de forma realista os recebimentos e os desembolsos, ou seja as expectativas do fluxo do caixa devem estar associadas a uma margem de erro e não a valores pontuais únicos ou determinísticos. A simulação pode servir para contornar este problema, pois trata-se de uma ferramenta de aproximação.

O potencial da simulação como ferramenta de análise financeira torna-se visível pelo fato dela permitir que no planejamento financeiro sejam incorporados tanto o valor mais provável de uma estimativa, como a margem de erro associada com esta estimativa. As vantagens de se simular a orçamentação de capital, são três: (LERNER, 1968: 80 *apud* HOUSE, 1977:296).

1. O administrador financeiro pode determinar o nível de reservas de segurança em caixa, liquidez ou linhas de crédito necessárias para cobrir as incertezas que acompanham as atividades da empresa.
2. Poderão ser verificados os efeitos das mudanças de política da empresa sobre o caixa. Poderão ser determinados, por exemplo, os efeitos das mudanças políticas de recebimento, políticas de pagamento ou o prazo de compra de materiais que entram no processo produtivo.
3. Poderá ser determinada qual atividade empresarial possui a maior influência sobre o balanço de caixa; como consequência a administração financeira poderá concentrar suas estimativas sobre as atividades estratégicas e ignorar aquelas que possuem apenas um pequeno impacto sobre o balanço de caixa.

Finalmente, a simulação poderá ajudar a administração financeira na determinação dos valores das informações. Ela poderá verificar como os resultados poderão ser modificados se se dispor de informações mais precisas sobre as entradas de caixa.

A orçamentação de capital ou a aplicação de recursos para investimentos a longo prazo necessitam de uma atenção especial por serem o ponto nevrálgico da administração financeira, uma vez que: (SCOTT & MOORE, 1975:11 *apud* HOUSE, 1977:308).

1. Há um grande volume de dinheiro envolvido no processo;
2. O efeito que tais decisões poderão ter sobre a lucratividade e o fluxo de caixa;
3. A frequente irreversibilidade destas decisões.

A incerteza associada às várias possibilidades de alocação de capital fazem desta área de decisão um campo propício para a aplicação da simulação. HERTZ (1964), num famoso artigo da Harvard Business Review expos um modelo de simulação adaptado à análise de investimentos para cálculo dos valores presentes líquidos e das taxas internas de retorno para projetos que se destinam a lançar novos produtos ou baratear custos existentes. O modelo consiste no estabelecimento de distribuições de probabilidade para cada um dos fatores relevantes envolvidos no projeto (ABREU & STEPHAN, 1982 e LERNER, 1968 *apud* HOUSE, 1977).

KRYZANOWSKI, LUSZTIG e SCHWAB (1972) *apud* SCOTT & MORE (1975:11) *apud* HOUSE (1977:308) utilizaram o modelo de Hertz para avaliar o impacto da expansão de uma planta industrial.

GENTRY e PYHRR *apud* SCOTT e MOORE (1975:11) *apud* HOUSE (1977:308), utilizando um modelo de simulação, analisaram o impacto de algumas taxas internas de retorno sobre investimentos e o seu reflexo na valorização das ações

da empresa. Em uma famosa pesquisa de DONALDSON (1961) *apud* SCOTT e MOORE (1975:12) *apud* HOUSE (1977:309) foi utilizada a simulação como meio auxiliar para a determinação do melhor "portfólio" de investimentos de uma empresa.

Para WOILER & MATHIAS (1988) a análise de risco associada à tomada de decisões pode ser melhorada com o uso de técnicas de simulação. Essa técnica, quando aplicada à análise de projetos, refere-se à seleção estocástica ou aleatória de variáveis. A simulação pode ser considerada como uma extensão natural da árvore de decisão, quando o número de alternativas cresce muito. Como exemplo, suponha-se uma análise de sensibilidade em dois níveis (digamos $\pm 10\%$) para um conjunto de sete variáveis relevantes. Admitindo-se querer saber o impacto isolado de cada fator, teremos de calcular 14 alternativas. Caso queira-se medir estes impactos em conjunto, ter-se-ia de calcular um total de: $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 128$ alternativas. Pode ser também que se queira fazer a análise em três níveis (pessimista, médio e otimista), quando ter-se-á, então, um total de 2.187 alternativas a serem calculadas.

Torna-se, portanto, evidente que é preciso recorrer a um ferramental mais potente para resolver este tipo de problema. E esta ferramenta é exatamente a técnica de simulação.

2.16. O método de Hertz

Segundo ENGELHARD e ANDERSON (1983), o método de HERTZ é um procedimento computacional de análise de risco em investimentos de capital realizada através da simulação de Monte Carlo. A simulação de Monte Carlo é uma técnica de exploração numérica de sistemas através da amostragem respectiva de distribuições probabilísticas das variáveis de um modelo.

As duas primeiras etapas do método são identificar as variáveis de custo e de rendimento que afetam os resultados do investimento e então montar um perfil de risco

para cada variável. Isto é feito através da coleta de todas as informações possíveis das tendências históricas, estudos estatísticos, registros administrativos, experiências decisórias e outras fontes de informações. Posteriormente estas informações serão ponderadas e combinadas.

Um perfil de risco pode ser representado como um gráfico de distribuição de probabilidade onde os possíveis resultados estão expressos no eixo das abscissas e a probabilidade de cada resultado é expressa no eixo das ordenadas. Os perfis de risco podem ter vários formatos tais como arcos, linhas horizontais, etc.

Na terceira etapa, um valor aleatório é selecionado para cada variável independente a partir do seu perfil de risco. O conjunto de valores selecionados é então utilizado na quarta etapa, onde é calculada a taxa de retorno do investimento através dos procedimentos convencionais tais como taxa interna de retorno, valor presente líquido ou outros.

Portanto, o procedimento básico deste método envolve quatro etapas:

- 1) Identificar as variáveis independentes mais significativas na determinação dos resultados do investimento;
- 2) Montar um perfil de risco para cada fator relevante de entrada;
- 3) Selecionar um valor aleatório das distribuições de probabilidade de cada fator;
- 4) Combinar os valores selecionados para calcular a taxa de retorno do investimento.

As demais etapas estão baseadas na repetição das etapas três e quatro nas quais o computador repete o processo selecionando conjuntos adicionais de valores (etapa 3) e calculando uma nova taxa de retorno para cada conjunto de valores (etapa 4). Após algumas dezenas, centenas ou mesmo milhares de taxas de retorno terem sido

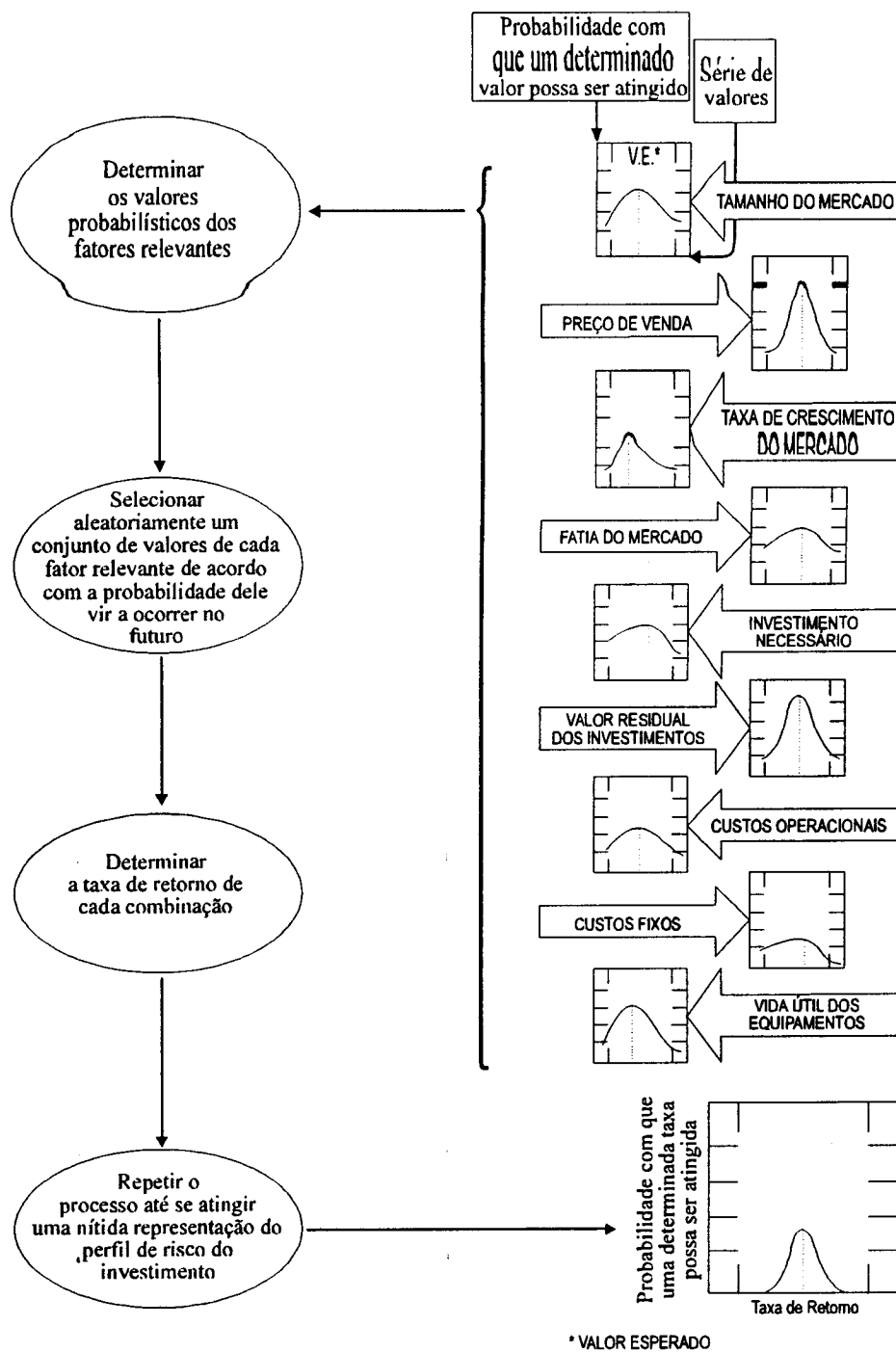
calculadas, o computador ira ordenar os resultados do mais alto ao mais baixo valor. Desta ordenação será calculada a porcentagem de situações que se enquadrem na taxa de retorno determinada.

Finalmente, a probabilidade de ocorrência de cada faixa de taxa de retorno é acumulada de forma a fornecer o perfil de risco do investimento. O perfil de risco irá mostrar a chance de ganho do investimento, dado uma certa taxa de retorno. Também serão mostrados os retornos máximos e mínimos, além de possíveis perdas. (ENGELHARD e ANDERSON, 1983).

Para NORONHA (1987) simular no computador os projetos de investimentos alternativos é tarefa relativamente simples e barata. Neste processo usa-se um conjunto de informações muito amplo oferecido por especialistas nos assuntos do projeto e seus estudos de dados existentes. Portanto, parece legítimo concluir que o processo de tomada de decisão torna-se mais fácil, confiável e menos dispendioso sob condições de risco, quando utilizamos as informações geradas pelo método de simulação proposto por HERTZ.

O modelo original de HERTZ, o qual considerava 9 fatores relevantes, está ilustrado na figura 15.

FIGURA 15: Método de HERTZ.



FONTE: LOOMBA(1978)

2.17 Valor Presente Líquido

Este método fundamenta-se no conceito de equivalência monetária, hoje, de fluxos de caixa (entrada ou saída de caixa) ocorrentes em diferentes instantes no tempo. Em termos simples, consiste em calcular o equivalente hoje do fluxo líquido em cada

período, somando-os algebricamente. Convenciona-se "+" para encaixe e "-" para os desencaixes. O resultado desta soma vem a ser o Valor Presente Líquido do Fluxo de Caixa do projeto considerado.

$$\text{VPL} = \sum_{t=0}^n \text{FC}_t \cdot (1 + k)^{-t}$$

onde:

VPL = Valor presente líquido;

FC_t = Fluxo do caixa no período t

$\text{FC}_t > 0$, se for um encaixe;

$\text{FC}_t < 0$, se for um desencaixe

$\text{FC}_t = 0$, se não existir qualquer alteração de caixa no período.

k = Taxa mínima de atratividade.

A viabilidade ou não de um projeto de investimento, em se utilizando o critério do VPL, é determinada pela seguinte regra de decisão:

$\text{VPL} > 0 \rightarrow$ O projeto é viável

$\text{VPL} < 0 \rightarrow$ O projeto não é viável

De uma maneira simples, o VPL pode ser encarado como sendo o lucro líquido do projeto, hoje, ou a quantia máxima que poder-se-ia pagar em excesso ao custo estimado do projeto, hoje, para que este ainda continuasse sendo viável. Em outras palavras, estabelece-se implicitamente o limite de erro que se pode incorrer, na estimativa do seu custo.

É importante observar que o VPL é sempre referenciado a uma "data zero", o "hoje", o que permite a comparação de valores monetários de diferentes instantes no tempo (Cr\$ 1,00 hoje é diferente de Cr\$ 1,00 amanhã). Assim sendo, se um dado projeto apresenta um $VPL = 2.000$ com $k=10\%$, isto significa que o valor do investimento $t = 0$ poderia ser superior em mais 2.000 que o projeto ainda seria viável. Ou seja, 2.000 representam o lucro do investimento realizado hoje, o que seria equivalente a uma entrada de caixa de 2.000, hoje.

Segundo BREALEY e MYERS (1981), o VPL é com certeza, dentre os métodos de análise da viabilidade econômica, o método mais simples e o mais fácil de ser corretamente utilizado, pelos seguintes motivos:

1. O VPL depende somente dos Fluxos de Caixa previstos no projeto e do custo de oportunidade do capital;
2. O VPL reconhece a valorização do dinheiro no tempo;
3. O VPL possui a propriedade de aditividade, ou seja, se houverem dois projetos A e B , o VPL do investimento final será:

$$VPL(A+B) = VPLA + VPLB$$

2.18. O Comportamento das Flutuações de Preços

Segundo FAMA (1968), durante muitos anos criou-se uma grande controvérsia, tanto a nível acadêmico como nos círculos empresariais, sobre a seguinte questão: Qual o grau de segurança que se pode ter na previsão das futuras cotações de ações baseadas apenas nas séries históricas das cotações passadas destas mesmas ações? A resposta para esta questão tem surgido de um lado através de várias teorias gráficas e do outro lado através da teoria das oscilações aleatórias.

Apesar de existirem muitas e diferentes teorias gráficas, todas elas fazem a mesma suposição, isto é, todas elas assumem que o comportamento passado dos preços de um ativo qualquer é rico em informações referentes ao comportamento futuro deste mesmo ativo. A história repete-se através de um padrão no qual o comportamento de preços passados tenderão a se repetir no futuro. Por este motivo se uma análise cuidadosa dos gráficos de preços forem feitos, desenvolver-se-á uma compreensão do padrão de evolução destes preços, o qual, por sua vez, poderá ser usado para prever o comportamento futuro dos preços e com isto aumentar a expectativa de ganho.

Em contraste com esta teoria, a teoria das oscilações aleatórias diz que a trajetória do nível de preços de um ativo qualquer não é nada mais do que a trajetória de uma série de números aleatórios. Em termos estatísticos a teoria diz que as mudanças sucessivas de preços são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas. Mais simples ainda, isto implica em dizer que as séries de mudanças de preços não possuem memória, isto é, o passado não pode ser usado para prever o futuro de uma forma segura.

A teoria das oscilações randômicas de preços envolve duas hipóteses distintas:

1. Mudanças sucessivas de preços são independentes, e
2. Os preços mudam conforme alguma distribuição de probabilidades.

2.18.1. A idéia de independência.

Em termos estatísticos, a independência sugere que a distribuição de probabilidades para uma mudança de preços durante um período de tempo t é independente da seqüência de mudanças de preços de períodos anteriores. Isto é, o conhecimento da seqüência de mudanças de preços ao longo de um período de tempo t

não pode levar à distribuição de probabilidades das mudanças de preços durante o período de tempo t .

Em verdade é provável que nunca se encontre uma série temporal perfeitamente independente. Por este motivo a teoria das oscilações aleatórias não pode ser vista como uma perfeita descrição da realidade. Entretanto, para efeitos práticos aceitar-se-á a suposição de independência do modelo enquanto a dependência das séries de mudanças sucessivas de preços não estiver acima de um nível mínimo aceitável.

O nível mínimo aceitável de dependência depende, geralmente, de cada problema em particular, o qual está sendo resolvido. Por exemplo, num estudo estatístico do mercado de ações, poder-se-ia verificar se a dependência das séries de mudanças sucessivas de preços é suficiente para explicar algumas características particulares da distribuição de mudanças de preços. Se a atual dependência das séries não é suficiente para explicar a característica em questão, então, poder-se-ia justificar o aceite da hipótese de independência como uma descrição adequada da realidade.

Em contraste o negociante de ações possui um critério muito mais prático para julgar, o que estabelece uma dependência importante nas mudanças sucessivas de preços. Para seus propósitos, o modelo de oscilação aleatória é válido enquanto o conhecimento do comportamento de séries passadas de mudanças de preços não pode ser usado para aumentar a expectativa de ganho. Mais especificamente, a suposição de independência é uma descrição adequada da realidade, enquanto o atual nível de dependência das séries de mudanças de preços não for suficiente para permitir que a história passada das séries seja usada para prever o futuro, de uma forma tal, que torne as expectativas de ganho maiores do que elas poderiam ser sob um simples modelo de compra-e-retenção.

Uma dependência importante sob a ótica do negociante pode não ser importante sob uma ótica estatística e vice-versa. Por exemplo, pode-se saber que em

dias alternados o preço de um título sempre aumenta em \mathcal{E} e decresce em \mathcal{E} . Do ponto estatístico, conhecimento da dependência pode ser uma informação importante desde que ela diga a magnitude de mudança no formato da distribuição de mudança de preços. Entretanto, para os propósitos comerciais, enquanto \mathcal{E} é muito pequeno esta dependência estatística perfeita e negativa é sem importância. Qualquer ganho que o negociante possa esperar fazer desta transação poderá ser neutralizada pelos custos da transação.

2.18.2. A distribuição probabilística das mudanças de preços

Todas as hipóteses referentes a distribuições dizem que os preços mudam segundo alguma distribuição de probabilidades. Na teoria geral das oscilações aleatórias de preços a forma ou configuração da distribuição não precisa ser especificada. Desta forma qualquer distribuição será consistente com a teoria enquanto ela caracterizar corretamente o processo que gera a mudança de preços.

Entretanto, do ponto de vista do investidor a especificação da configuração da distribuição das mudanças de preço é extremamente útil. Em geral, a forma de distribuição é um dos maiores fatores para a determinação do risco de investimentos em ações. Por exemplo, apesar de duas diferentes distribuições de mudanças de preços terem a mesma média ou expectativa de mudança de preço, a probabilidade de grandes mudanças podem ser muito maiores para uma do que para outra.

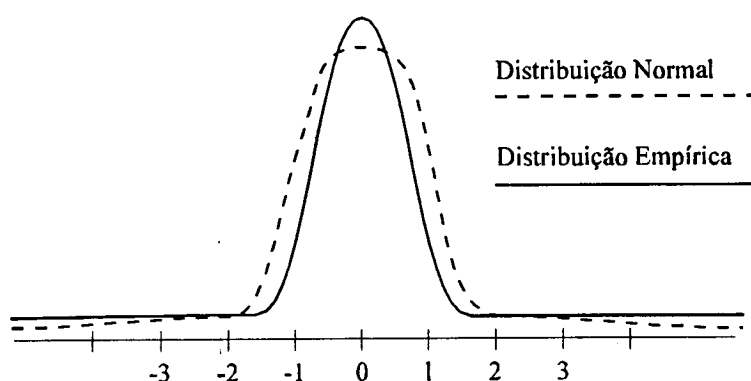
A forma de uma distribuição de mudanças de preço também é importante do ponto de vista acadêmico desde que ela forneça informações descritivas referentes à natureza do processo que gera a mudança de preços. Por exemplo, se ocorrer frequentemente uma mudança de preço muito grande, pode-se inferir seguramente que a estrutura econômica, a qual é a fonte das mudanças de preços, também está sujeita a frequentes e repentinas mudanças ao longo do tempo. Isto é, se a distribuição das

mudanças de preços possuem um alto nível de dispersão, pode-se seguramente inferir que será consequência da variabilidade no processo de geração de novas informações.

Finalmente, a forma da distribuição das mudanças de preços é uma informação importante para todos aqueles que queiram realizar trabalhos empíricos nesta área. A potência dos instrumentos estatísticos está intimamente relacionada com o tipo de dados para os quais ela é aplicada.

Segundo FAMA (1968) as distribuições empíricas das mudanças de preços possuem caudas mais longas que a distribuição normal. Isto é, as distribuições empíricas podem conter mais freqüências relativas nas extremidades de suas caudas do que poderia ser esperado sob uma simples hipótese de normalidade (distribuição de Gauss).

FIGURA 19: Comparação entre as distribuições probabilísticas normal e empírica.



2.18.3. A diferença dos logaritmos dos preços

Os dados utilizados neste trabalho consistem dos preços mensais dos fatores de produção, dos insumos e da madeira em pé, tendo como unidade o IGP (índice geral de preços) com base em março/86.

Os dados utilizados não irão representar propriamente os preços mensais mas a primeira diferença dos logaritmos dos preços mensais. A variável de interesse será:

$$U_{t+1} = \text{Ln } P_{t+1} - \text{Ln } P_t$$

onde: P_{t+1} = o preço ao final do mês $t + 1$

P_t = o preço ao final do mês t

Há três razões para se usar a diferença dos logaritmos dos preços ao invés de simplesmente utilizar o valor dos preços:

1. A diferença dos logaritmos dos preços representa a remuneração (juros) mensal dos ativos. A prova deste enunciado está demonstrado abaixo:

$$\frac{P_{t+1}}{P_t} = \exp\left(\text{Ln} \frac{P_{t+1}}{P_t}\right)$$

$$P_{t+1} = P_t \exp\left(\text{Ln} \frac{P_{t+1}}{P_t}\right)$$

$$P_{t+1} = P_t \exp(\text{Ln } P_{t+1} - \text{Ln } P_t)$$

2. MOORE (1962:13-15) *apud* FAMA (1968:46) mostrou que a variabilidade das diferenças dos preços de determinados ativos é uma função crescente do nível de preço deste ativo. Seu trabalho indicou que a utilização de logaritmos parece neutralizar a maior parte dos efeitos dos níveis de preços destes ativos.
3. As diferenças dos logaritmos dos preços está muito próxima da diferença percentual dos preços quando estas diferenças de preços em valores absolutos são menores que 15%, o que é conveniente, pois em alguns casos, é necessário tratar os dados em termos de mudanças percentuais de preços.

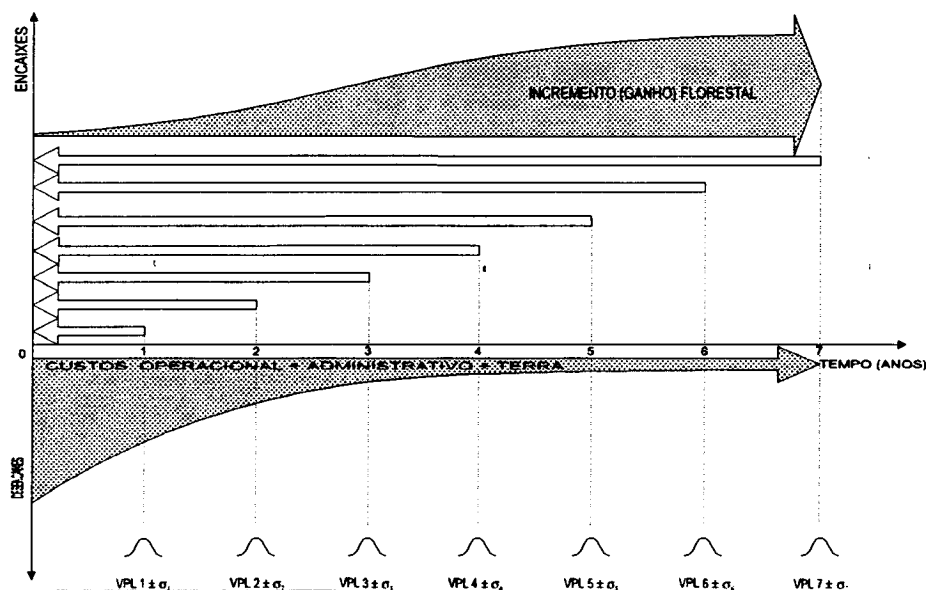
Para maiores informações sobre o assunto recomenda-se a leitura de BRANDÃO (1992).

CAPÍTULO III MATERIAIS E MÉTODOS

1. INTRODUÇÃO

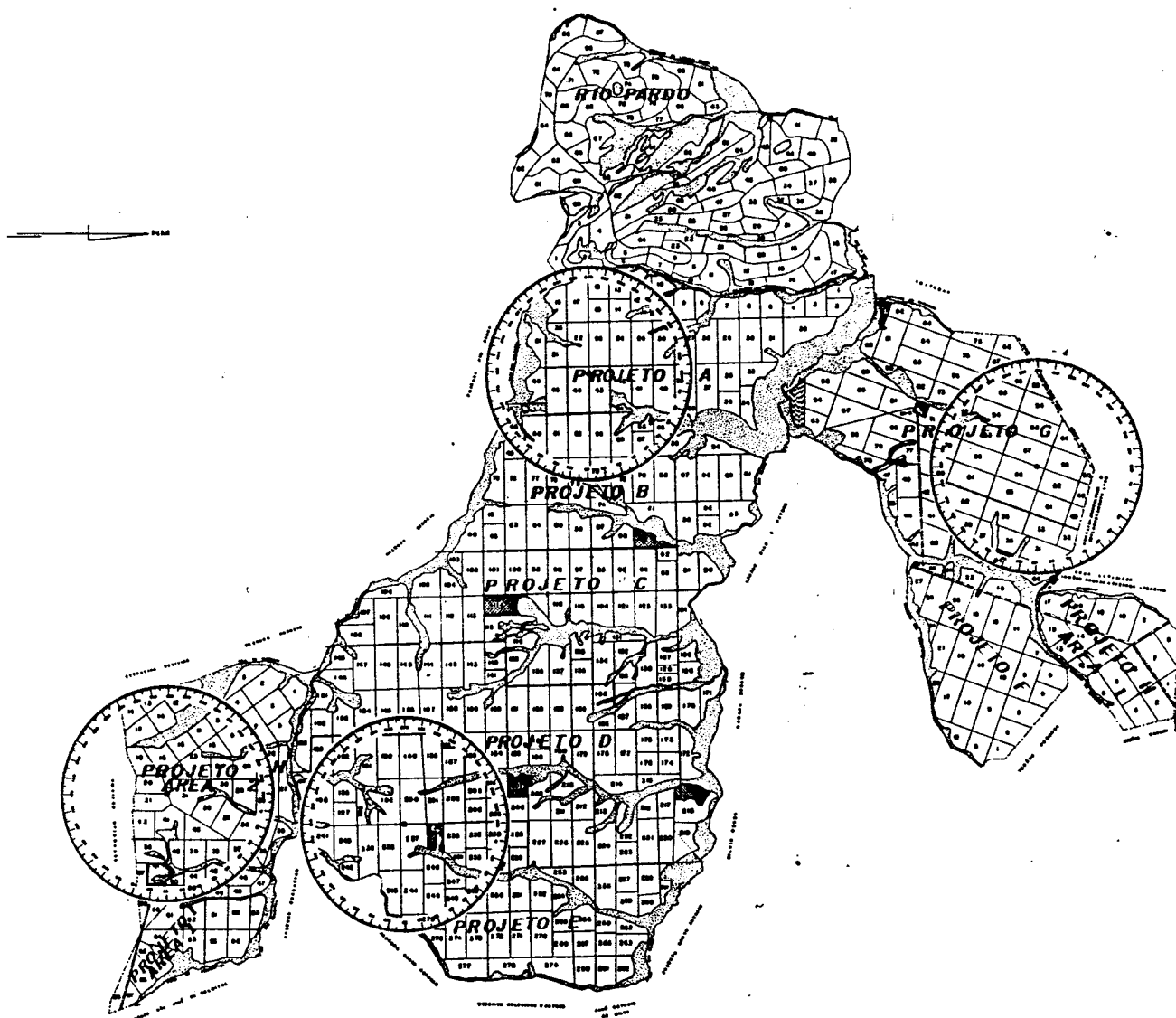
O presente trabalho tem por objetivo desenvolver uma metodologia de simulação e avaliação de fluxos de caixa de projetos florestais de *Eucalyptus SP* segundo uma ótica probabilística, ou seja, incorporando o risco. A figura 16 ilustra de forma clara como os fluxos de caixa anuais serão representados por distribuições normais (μ, σ), fornecendo assim, informações mais completas e precisas ao decisor sobre os níveis de risco existentes a cada ano.

Figura 16: Fluxo de Caixa de Projetos Florestais sob a Ótica Probabilística



Os parâmetros iniciais deste trabalho foram obtidos junto à empresa Duratex S.A. pertencente a *holding* Itau S.A.. Mais especificamente foi analisado a planilha de operações e custos de um projeto florestal instalado entre 1990 e 1992 a qual ocupa uma área de 960 ha, denominado projeto C1. A localização deste projeto está ilustrado na figura 17.

Figura 17: Localização do Projeto C1



A análise e avaliação deste projeto permitiu a elaboração de uma metodologia consoante com os objetivos deste trabalho, o que resultou na modelagem do ambiente operacional da empresa através de um sistema simulador.

O método desenvolvido apresenta uma sequência de etapas conforme está enumerado abaixo. As principais etapas serão posteriormente detalhadas.

1. Descrição das operações e insumos necessários para a execução de uma reforma e de uma condução florestal.
2. Descrição da sequência operacional de uma reforma florestal.
3. Classificação das operações de reforma e de condução florestal segundo o princípio de pareto, objetivando assim selecionar as operações classe "A".
4. Coleta de dados históricos de rendimento das operações classe "A".
5. Análise estatística dos rendimentos das operações classe "A" e ajuste de curvas de distribuições teóricas aos dados empíricos de rendimento. As aderências das curvas de distribuição serão verificadas através da aplicação da prova de Kolmogorov-Smirnof.
6. Análise da correlação dos dados históricos de rendimentos das operações classe "A".
7. Determinação do rendimento florestal através de equações de crescimento.
8. Coleta de séries históricas de custo dos fatores de produção e dos encargos administrativos, além dos preços da madeira em pé.
9. Aplicação da teoria das oscilações aleatórias de preços às séries históricas coletadas no item anterior.

11. Modelagem probabilística do ambiente operacional, ou seja, desenvolvimento de um sistema simulador, compreendendo a entrada de dados de rendimento e custos, processamento de dados e geração de relatórios e estatísticas (detalhes no capítulo IV).
12. Utilização dos seguintes procedimentos para o processamento de dados:
 1. Geração de números randômicos;
 2. Geração de variáveis randômicas independentes;
 3. Geração de variáveis randômicas correlacionadas;
 4. Redução da variância;
 5. Análise estatística dos dados de saída e determinação do número de replicações necessárias.

Na planilha de rendimentos e custos aparecem os termos: Operação, Fator de Produção e Insumos, os quais podem ser descritos como:

Operação: É uma atividade composta de n fatores de produção, com $n \geq 1$.

$$\begin{array}{l}
 \text{Operação 1} \\
 \vdots \\
 \text{Operação } n
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 \text{Fator de Produção 1} \\
 \text{Fator de Produção 2} \\
 \vdots \\
 \text{Fator de Produção } n
 \end{array}
 \right.$$

Fator de Produção: São recursos utilizados na execução das operações. É possível que sejam utilizados em várias operações. Podem apresentar vários rendimentos, conforme a

operação, entretanto, apresentam um único custo unitário. Os fatores de produção podem ser recursos próprios a de terceiros. É preciso salientar no entanto que os fatores de produção aqui mencionados são recursos diversos, diferindo, assim, da conceituação econômica clássica a qual considera fatores de produção como sendo a terra, o capital e a mão-de-obra.

Insumo: É um recurso incorporado ao processo de desenvolvimento da floresta. É aplicado através de alguma operação específica, ou seja, é um recurso que não gera trabalho.

Apresenta-se abaixo as tabelas contendo todos os Fatores de Produção e Insumos utilizados na implantação de um projeto florestal.

Tabela 2 - Fatores de Produção

Abreviações	Denominação
C.F.p.	Carregador florestal próprio
C.F.t.	Carregador florestal de terceiros
C.P.p.	Carro pipa próprio
C.P.t.	Carro pipa de terceiros
M.O.p.	Mão-de-obra próprio
M.O.t.	Mão-de-obra de terceiros
M.N.p.	Moto niveladora própria
M.N.t.	Moto niveladora de terceiros
M.S.p.	Moto serra própria
M.S.t.	Moto serra de terceiros
P.C.p.	Pá carregadeira própria
P.C.t.	Pá carregadeira de terceiros
P.L.p.	Trator de pneu leve próprio
P.L.t.	Trator de pneu leve de terceiros
P.P.p.	Trator de pneu pesado próprio
P.P.t.	Trator de pneu pesado de terceiros
T.E.p.	Trator de esteira próprio
T.E.t.	Trator de esteira de terceiros
V.P.p.	Veículo pesado próprio
V.P.t.	Veículo pesado de terceiros

Tabela 3 - Insumos

Denominação
Esterco (Cama de frango)
FAPS (Fosfato parcialmente acidulado)
Formicida
Fungicida
Gesso (sulfato de cálcio)
Herbicida
Inseticida
Mudas
NK 20-00-20 (20% Nitrogênio + 20% Potássio)
Super Simples

2. APRESENTAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO

2.1. Descrição das operações e insumos necessários para a implantação de um projeto florestal.

O anexo I apresenta as planilhas básicas de rendimentos e custos das operações e dos insumos necessários para a implantação de um projeto florestal. Estas planilhas estão subdivididas em 4 sub-planilhas, a saber: Reforma; Manutenção de 1º ano; Manutenção do 2º ao 7º ano, do 9º ao 14º ano e do 16º ao 21º ano e Manutenção do 8º e 15º ano ou Condução. Cabe salientar que a partir do 8º ano e 15º ano iniciam-se respectivamente a 2ª e 3ª rotação florestal

2.2. Descrição da Sequência Operacional de uma Reforma Florestal

As tabelas 4 e 5 apresentam as operações sequenciais e não sequenciais de uma reforma florestal. Entende-se por operações sequenciais aquelas que dependem de outras operações para poderem ser executadas. Já as operações não sequenciais são aquelas que são executadas em datas pré-estabelecidas, independente da ocorrência ou não de operações anteriores.

A condução florestal, em função do pequeno número de operações, consta apenas de operações não sequenciais, e estas estão descritas no Anexo I.

Tabela 4 - Operações Sequenciais da Reforma Florestal

1. Rebaixamento de cepas	14. Nivelamento
2. Combate inicial de formigas	15. Fertilizante Super Simples
3. Fertilizante cama-de-frango	16. Realinhamento + adubação de base
4. Reforma da rede viária	17. Mudas
5. Roçada da vegetação	18. Transporte de mudas
6. Retirada de resíduos	19. Plantio
7. Fertilizantes FAPS	20. Irrigação
8. Fosfatagem	21. Censo de falhas
9. Fertilizantes gesso	22. Replantio
10. Gessagem	23. Coroamento + roçada
11. Incorporação da manta	24. Fertilizante 20:00:20
12. Construção de aceiros	25. Adubação de cobertura
13. Queima	26. Roçada anual

Tabela 5 - Operações Não Sequenciais da Reforma Florestal

01. Repasse de formiga à pé
02. Ronda mensal formiga
03. Formicida
04. Manutenção de contornos
05. Manutenção de caminhos
06. Eliminação de brotação
07. Erradicação capim colônio
08. Transporte de fertilizantes
09. Transporte outros

2.3. Classificação das Operações de Reforma e Condução Florestal Segundo o Princípio de Pareto

A classificação ABC é um importante instrumento para o administrador; ela permite identificar aqueles itens que justificam atenção e tratamento adequado quanto à sua administração em função da importância relativa ao processo tecnológico e em função do custo total de investimento. A curva ABC é obtida através da ordenação dos itens conforme a sua importância relativa.

Os princípios que norteiam a classificação A, B, C, são:

- (a) Cerca de 65 a 75% dos investimentos, representam apenas um pequeno grupo de cerca de 10% dos itens investidos;
- (b) Cerca de 15 a 30% dos investimentos, representam apenas um pequeno grupo de cerca de 15 a 30% dos itens investidos;

- (c) Cerca de 5 a 15% dos investimento, representam um grande grupo de cerca de 65 a 75% dos itens investidos.

A classificação ABC das Operações de Reforma e Condução Florestal estão ilustradas no Anexo II.

Podemos fazer as seguintes constatações a partir da classificação ABC das atividades de reforma e de condução,;

Reforma Florestal: A classe "A" possui 10 atividades (26% dos itens), com 15 fatores de produção, as quais representam 89,25 IGP/ha (69% do valor total), das 10 atividades 7 são operações, representando 65,96 IGP/ha (51% do valor total) e 3 são insumos, representando 23,28 IGP/ha (18% do valor total). O custo médio por hectare é de 129,34 IGPs.

Condução Florestal: A classe "A" possui 3 atividades (27% dos itens), com um fator de produção, as quais representam 19,97 IGP/ha (68% do valor total). Das três atividades uma representa uma operação, representando 9,18 IGPs/ha (31,5% do valor total) e 2 são insumos, representando 10,79 IGP/ha (37% do valor total). O custo total médio por hectare é de 29,17 IGPs.

Para efeitos metodológicos, os rendimentos das operações classe "A" serão analisadas probabilisticamente, enquanto que os rendimentos das operações classe "B" e "C" serão analisadas deterministicamente. Isto se deve ao fato das operações classe "A" representarem aproximadamente 70% dos custos operacionais, indicando assim uma nítida predominância destas operações. Consequentemente qualquer alteração nestas operações irá repercutir significativamente no desempenho econômico do projeto ao final do seu horizonte de planejamento. Desta forma, será dada uma maior ênfase nestas atividades, coletando-se um maior número de dados, com os quais será possível ajustar curvas de distribuição probabilística para todos os fatores de produção significativos.

Na análise de rendimentos considerou-se apenas os fatores de produção referente às operações classe "A", uma vez que os insumos, por suas próprias características, possuem pequena variância em torno das quantidades de aplicação pré-estabelecidas. Desta forma, os rendimentos dos insumos serão calculados deterministicamente.

2.4. Análise Estatística dos Rendimentos das Operações Classe "A" e Ajuste de Aderência das Curvas de Distribuição Teórica aos Dados Empíricos de Rendimento.

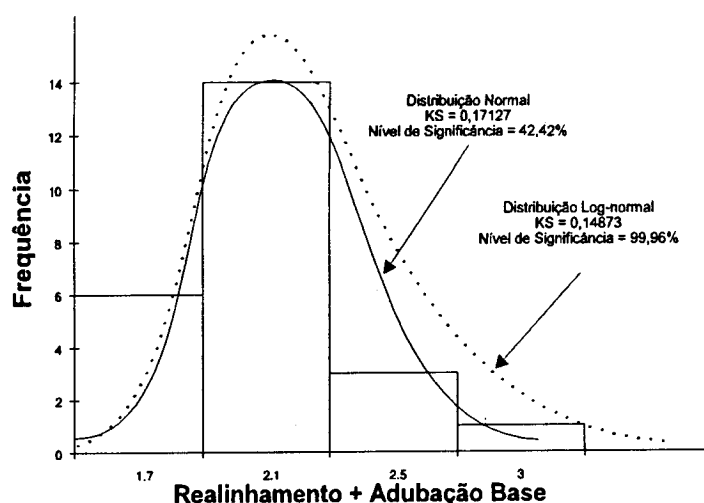
A análise dos dados de rendimento disponíveis, revelou que os 13 fatores de produção das sete operações classe "A", apresentaram curvas de distribuição de probabilidade assimétricas, com a cauda da direita mais acentuada que a da esquerda. Para tanto foram realizados testes de aderência de algumas distribuições teóricas junto aos dados empíricos e verificados segundo a prova de Kolmogorov-Smirnof, os quais indicaram que a distribuição log-normal seria a mais indicada para representar o comportamento dos rendimentos da maioria dos fatores de produção analisados, para um nível de 90% de confiança. Conclui-se, pois, que há uma nítida tendência dos rendimentos serem maiores que a média existente.

O Anexo III apresenta as operações classe "A" e seus Fatores de Produção com os respectivos rendimentos e ajustes às curvas de distribuição normal e log-normal.

Do Anexo III verifica-se que apenas os fatores de produção T.E.p da Reforma da Rede Viária e M.O.t da Roçada de Vegetação apresentam uma melhor aderência à curva de distribuição normal. Os demais fatores de produção apresentaram uma excelente aderência à distribuição log-normal, indicando claramente uma predominância desta distribuição. Deve-se, entretanto, salientar que em nenhum dos casos pode-se rejeitar a hipótese de log-normalidade a um nível de 90% de confiança. Desta forma, para efeito de padronização, será adotada a distribuição log-normal para todos os 13 fatores de produção.

A título de exemplo apresenta-se o histograma de frequência do tempo de execução por hectare da operação de Realinhamento + Adubação Base com o ajuste de aderência às curvas de distribuição probabilística Normal e Log-normal, onde é possível verificar uma melhor aderência desta última.

Figura 18: - Histograma de Frequência da Operação Realinhamento + Adubação Base



2.5. Análise de correlação dos dados históricos de rendimento das operações Classe "A"

Para se verificar se os rendimentos dos fatores de produção são independentes ou não, montou-se uma matriz de correlação com os seguintes fatores de produção:

FATOR DE PRODUÇÃO	OPERAÇÃO
01. Moto Serra própria	Rebaixamento de cepas
02. Mão-de-obra de terceiros	Coroamento + Roçada
03. Trator de esteira próprio	Reforma da rede viária
04. Moto niveladora própria	Reforma da rede viária
05. Carregador florestal de terceiros	Reforma da rede viária
06. Trator de pneu pesado próprio	Reforma da rede viária
07. Pá Carregadeira própria	Reforma da rede viária
08. Trator de Esteira próprio	Realinhamento + Adubação Base
09. Mão-de-obra própria	Ronda mensal formiga
10. Mão-de-obra de terceiros	Roçada da vegetação
11. Mão-de-obra de terceiros	Irrigação
12. Trator de pneu leve próprio	Irrigação
13. Veículo pesado próprio	Irrigação

Desta análise de correlação constatou-se que a maioria dos fatores de produção apresentaram uma correlação significativa, haja visto que de 225 interações 14,7% apresentaram correlação superior a 50%.

Conclui-se, portanto que o sistema simulador terá que considerar estas dependências e, conseqüentemente, gerar os rendimentos destes fatores de produção através de variáveis randômicas correlacionadas.

2.6. Determinação do rendimento florestal

A produção florestal será determinada através da utilização de modelos de crescimento e produção ajustados para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* – em 1ª rotação, com dados das florestas da região de Lençóis Paulistas-SP.

Os dados utilizados são provenientes da base de dados históricos do inventário florestal contínuo da Duraflora, compreendendo medições no período de 1982 a 1990.

I) Para *Eucalyptus grandis* com variação do índice de sítio médio de aproximadamente 8 m, foram utilizadas 1449 medições, sendo descartadas as medições aos 3 anos e superiores a 8 anos de idade (aproximadamente 1,7%

dos dados originais) e índices de sítio inferiores a 20 e superiores a 32 (aproximadamente 6,0% dos dados originais) devido à baixa frequência destas informações.

II) Para *Eucalyptus grandis* com variação do índice de sítio médio de aproximadamente 3m, foram utilizadas 559 medições, descartando-se as medições aos 8 anos de idade (aproximadamente 1,9% dos dados originais) e índices de sítio inferiores a 22 e superiores a 36 (aproximadamente 7,0% dos dados originais) devido a baixa frequência destas informações.

III) Para *Eucalyptus saligna* com variação do índice de sítio médio de aproximadamente 8 m, foram utilizadas 706 medições, descartando-se as medições aos 3 anos de idade e superiores a 8 anos de idade (aproximadamente 8,0% dos dados originais) e índices de sítio inferiores a 18 e superiores a 30 (aproximadamente 2,5% dos dados originais) devido à baixa frequência destas informações.

O modelo para a projeção do volume futuro a partir de áreas basais iniciais e índices de sítio conhecidos, está descrito abaixo*:

$$VSTCC = \text{EXP}(\alpha_i + S \cdot \beta_i - (1/\text{idade}_2) \cdot \gamma_i + (\text{idade}_1/\text{idade}_2) \cdot \text{Ln}(AB_1) \cdot \lambda_i + (1 - \text{idade}_1/\text{idade}_2) \cdot \rho_i + (1 - \text{idade}_1/\text{idade}_2) \cdot S \cdot \omega_i)$$

onde:

VSTCC = Volume estéreo com casca por hectare

S = Índice de Sítio

idade₁ = Idade inicial (em anos)

idade₂ = Idade final (em anos)

AB1 = Área basal média

* Os modelos de crescimento foram desenvolvidos e estimados pela Duratex S.A. As constantes são omitidas para proteção da empresa.

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \lambda_i, \rho_i, \omega_i =$ Constantes para a situação i , sendo

$i = 1$: situação I

$i = 2$: situação II

$i = 3$: situação III

As expressões para a classificação do sítio são as seguintes:

(a) *Eucalyptus grandis* - 1ª rotação

$$S = \text{EXP}(\text{Ln}(\text{HDOM}) + A \cdot ((1/\text{idade}) - (1/7)))$$

(b) *Eucalyptus saligna* - 1ª rotação

$$S = \text{HDOM} + B \cdot (\text{Ln}(7) - \text{Ln}(\text{idade}))$$

onde:

S = Índice de sítio

HDOM = Altura média das árvores dominantes (m)

Idade = Idade da floresta (anos)

A e B = Constantes

2.7. Aplicação da teoria das oscilações aleatórias de preços

Com referência aos custos foram coletados séries históricas de todos os fatores de produção, com exceção do carro pipa, haja visto a sua pequena significância. Os insumos da classe "A", ou seja, fertilizante NK 20-00-20 mudas e formicida, foram considerados determinísticos uma vez que não foi possível obter séries históricas mais confiáveis. Também foram coletadas séries históricas do preço da madeira em pé além dos custos administrativos.

Todos os preços e custos observados apresentaram uma alta aleatoriedade e heterogeneidade, o que dificultou o ajuste de curvas de distribuição conhecidas sobre os dados empíricos bem como a realização de análises de regressão. Por estes motivos optou-se em aplicar a estes preços e custos a teoria das oscilações aleatórias de preços, o qual pressupõe a independência das alterações mensais dos preços e a existência de uma curva de distribuição que explique o comportamento destas flutuações.

Segundo o que já foi exposto anteriormente, uma maneira de se considerar o comportamento aleatório dos ativos financeiros, é calcular a diferença dos logaritmos destes ativos. Esta relação pode ser estabelecida da seguinte maneira.

$$P_t = P_{t-1} \cdot e^{x-N(\mu, \sigma^2)}$$

onde: P_t = Preço ou Custo do mês presente

P_{t-1} = Preço ou Custo do mês anterior

e = Constante de Neper

x = Oscilação aleatória dos preços com uma

distribuição Normal

A título de exemplo a figura 19 ilustra um gráfico de uma série temporal, a qual representa a evolução dos preços da madeira em pé, onde é possível identificar nitidamente a aleatoriedade dos dados. Já a figura 20 ilustra a mesma série temporal só que através da diferença dos logaritmos naturais dos preços da madeira, onde é possível verificar claramente o surgimento de uma normalidade com a média tendendo a zero $\sim N(0, \sigma^2)$.

Figura 19 - Evolução dos preços da madeira em pé (IGP)

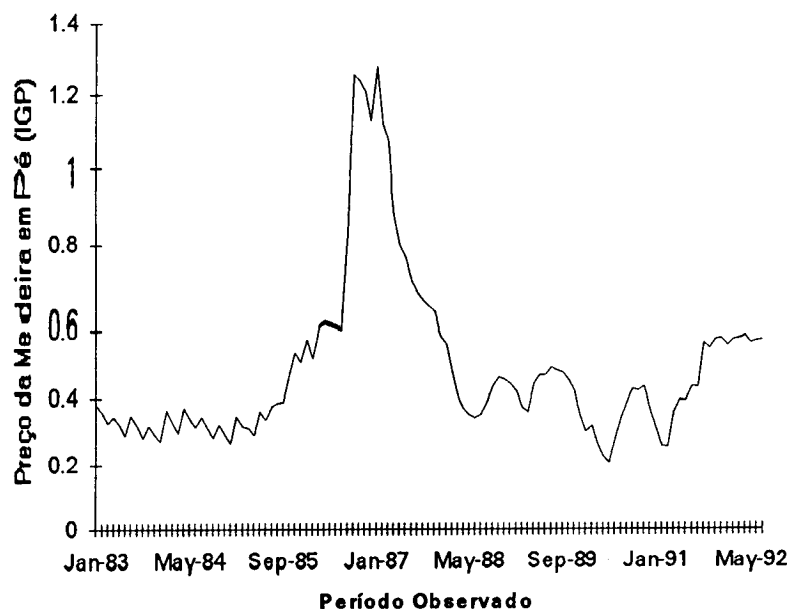
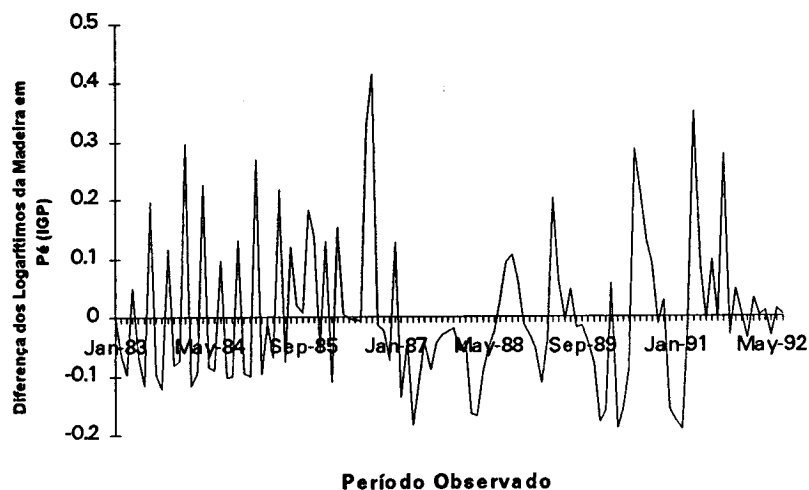


Figura 20 - Diferença dos Logarítimos da evolução dos Preços da Madeira em Pé (IGP)



2.8. Média e Desvio Padrão dos custos e preços segundo uma distribuição log-normal.

O Anexo III apresenta os custos e preços dos Fatores de Produção, da Madeira em Pé, dos Insumos e dos custos administrativos, com suas respectivas médias e desvio padrão, lembrando que estes parâmetros são referentes a uma distribuição log-

normal, conforme estabelece a teoria das oscilações aleatórias de preços. Os custos dos insumos são os únicos totalmente determinísticos.

O período de coleta de dados corresponde à implantação do projeto C1 da empresa Duratex S.A., ou seja, Abril/90 a Dezembro/92.

2.9. Análise de correlação das séries temporais de custo

Para se verificar se as séries temporais de custo são independentes ou não, montou-se uma matriz de correlação com os custos dos seguintes recursos:

01. Carregador Florestal de terceiros;
02. Mão-de-obra própria;
03. Mão-de-obra de terceiros;
04. Moto niveladora própria;
05. Moto serra própria;
06. Pá carregadeira própria;
07. Trator leve próprio;
08. Trator pesado próprio;
09. Trator de esteira próprio;
10. Veículo pesado próprio;
11. Encargos administrativos.

Desta análise de correlação constatou-se que a maioria das séries temporais apresentaram uma correlação significativa, haja visto que das 121 interações 12% apresentaram correlação superior a 50%. Conclui-se, portanto, que o sistema simulador terá que considerar estas dependências, e conseqüentemente gerar os custos destes recursos através de variáveis randômicas correlacionadas.

Cabe salientar que a determinação dos preços da madeira em pé será gerada independentemente dos custos dos fatores de produção, visto que a análise de correlação indicou a inexistência de dependência entre estes fatores.

2.10. Procedimentos Básicos para o Processamento de Dados no Simulador

1. Geração de números randômicos

O gerador de números randômicos utilizado pelo sistema simulador foi proposto por MARSE e ROBERTS (1983) e possui 21.474 séries cada qual com 100.000 números randômicos. As sementes são geradas por uma sub-rotina a qual é inicializada com a semente 1973272912, para maiores detalhes veja LAW e KELTON, 1991:453. Uma sub-rotina possibilita ao operador "escolher as sementes" caso seja necessário, ao invés do sistema fazê-lo.

2. Geração de variáveis randômicas simples

Neste trabalho, ou seja, no estudo de caso, verificou-se que os dados empíricos possuíam uma melhor aderência às distribuições Normal e Log-Normal. Portanto serão apresentadas apenas os algoritmos de geração de variáveis randômicas contínuas segundo estas distribuições.

(a) **Normal:** Na geração de variáveis randômicas normais seguiu-se o método polar proposto por MARSAGLIA e BRAY (1963) cujo algoritmo está descrito abaixo:

Passo 1: Gere os números randômicos U_1 e U_2 independentes e identicamente distribuídos segundo numa distribuição uniforme $U(0;1)$, torne $V_i = 2 \cdot U_i - 1$ para $i = 1, 2$ e $W = V_1^2 + V_2^2$

Passo 2: Se $W > 1$, retorne ao passo 1. Caso contrário torne $Y = \sqrt{(-2 \ln W) / W}$, $X_1 = V_1 Y$ e $X_2 = V_2 Y$. Então X_1 e X_2 serão variáveis randômicas independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição Normal, $N(0;1)$.

Obs: Observe-se que dado $X \sim N(0;1)$, pode-se obter $X' \sim N(\mu, \sigma^2)$ através de $X' = \mu + \sigma X$.

(b) **Lognormal:** Existe uma propriedade especial da distribuição lognormal a qual estabelece que se $Y \sim N(\mu, \sigma^2)$ então $e^Y \sim LN(\mu, \sigma^2)$, esta propriedade é utilizada para obter o seguinte logaritmo:

Passo 1: Gere $Y \sim N(\mu, \sigma^2)$;

Passo 2: Retorne $X = e^Y$

3. A geração de variáveis randômicas correlacionadas; o caso das distribuições normal e log-normal multivariadas.

Variáveis randômicas correlacionadas podem ser geradas utilizando-se um método simples desenvolvido por SCHEUER e STOLLER (1962) *apud* LAW e KELTON (1991:505), o qual utiliza uma propriedade especial da distribuição normal multivariada:

"Se a matriz de covariância Σ é definida como sendo simétrica e positiva, pode-se fatorá-la tão somente como $\Sigma = CC^T$, onde a matriz C de ordem $N \times N$ é triangular inferior. Se C_{ij} for o i -ésimo e j -ésimo elemento de C , poder-se-á utilizar o seguinte algoritmo para gerar um vetor de distribuição normal ou lognormal multivariado:

Passo 1: Gere Z_1, Z_2, \dots, Z_n como variáveis randômicas independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição normal $N(0;1)$.

Passo 2: Para $i = 1, 2, \dots, n$ torne $X'_i = \mu_i + \sum_{j=1}^i C_{ij} Z_j$, o qual retorna

$X = (X'_1, X'_2, \dots, X'_n)^T$, ou seja:

$$\begin{bmatrix} X'_1 \\ X'_2 \\ \vdots \\ X'_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{11} & & & \\ C_{21} & C_{22} & & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ C_{i1} & C_{i2} & \dots & C_{ij} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_j \end{bmatrix}$$

Na notação matricial, deixando-se $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)^T$, o algoritmo será justamente $X = \mu + CZ$; onde nota-se a similaridade com a transformação de $X = \mu + \sigma X$ para a geração de $X \sim (\mu, \sigma^2)$ dado $X \sim N(0, 1)$.

No caso de uma distribuição log-normal multivariada basta então:

$$\begin{bmatrix} e^{X'_1} \\ e^{X'_2} \\ \vdots \\ e^{X'_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_1 \\ X'_2 \\ \vdots \\ X'_n \end{bmatrix} \text{ onde } X'_i \text{ é o vetor da variável randômica correlacionada segundo uma distribuição lognormal:}$$

4. Técnicas de Redução da Variância – Variáveis Antitéticas

As variáveis antitéticas são uma das técnicas de redução de variância, as quais são aplicáveis à simulação de modelos individuais. Como uma técnica de redução da variância tenta-se induzir uma correlação entre duas replicações distintas, neste caso procura-se uma correlação negativa.

Reportando-se a HAMMERSLEY e MORTON (1956) *apud* LAW e KELTON (1991: 628-629), dentro do contexto da simulação de Monte Carlo, temos que a idéia central desta técnica é a de formar duplas de replicações do modelo, de tal forma que a observação de um pequeno valor em uma das replicações seja compensada por um valor maior na outra replicação, isto é, as duas observações serão correlacionadas negativamente. Analisando-se neste caso a média das duas observações

pareadas, haverá uma tendência da expectativa de μ ser menor do que seria se as duas observações pareadas fossem independentes.

De uma forma simples as variáveis antitéticas conduzem as duas replicações pareadas de tal forma que se induz uma correlação negativa utilizando-se de números randômicos complementares. Isto é, se U_k é um determinado número randômico utilizado para um propósito específico na primeira replicação, utilizar-se-á $1 - U_k$ ao invés de simplesmente sortear um número do gerador de números randômicos desde que $U \sim U(0;1)$ implique também que $1-U \sim U(0;1)$.

5. Análise dos dados de saída; análise estatística para simulações terminais (Tamanho da Amostra)

Quando se projeta um experimento de estimativa de uma média, ou de comprovação de uma hipótese sobre esta média, deve-se adotar o seguinte procedimento para estimar o tamanho da amostra.

Do ponto de vista da estimativa, chamaremos γ ao erro dessa estimativa. Como \bar{X} é o valor estimado de μ e como o erro poderá ser positivo ou negativo, define-se γ como o valor absoluto da diferença: $\gamma = |\bar{X} - \mu|$.

Se $X \sim (\mu, \sigma^2)$, sabe-se que $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ tem distribuição de Student com $n-1$ graus de liberdade. Usando o valor absoluto de t para um certo nível de probabilidade $\alpha/2$ tem-se $t_{n-1; 1-\alpha/2} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{\gamma}{\sigma/\sqrt{n}}$

Note-se que $t_{\alpha/2}$ é usado em vez de t_α desde que, para estimar μ não se conhece a hipótese alternativa $\mu > \mu_0$ ou $\mu < \mu_0$.

$$\text{Resolvendo-se para } n, \text{ obtem-se: } n = t_{n-1; 1-\alpha/2}^2 (\sigma^2 / \gamma^2)$$

Se não se conhece de antemão as magnitudes de μ e γ , poderia se usar os valores dos coeficientes de variação (μ/σ) e o "erro relativo" da estimativa, dado por

$\gamma' = |\bar{X} - \mu|/\mu$. Dividindo o numerador e o denominador da equação anterior por μ^2 ,

tem-se:

$$n = t_{n-1, 1-\alpha/2}^2 (\sigma/\mu)^2 / (\gamma')^2$$

O algoritmo a ser utilizado neste trabalho é composto por dois procedimentos comentados por LAW e KELTON (1991:538-539), os quais podem ser denominados de "procedimento fixo" e "procedimento sequencial".

O "procedimento fixo" assume que as estimativas da média populacional e a variância populacional não irão mudar apreciavelmente conforme vá aumentando o número de replicações. Uma expressão aproximada para o número de replicações, $n_r^*(\gamma)$, necessários para obter o erro relativo de γ é dado por:

$$n_r^*(\gamma) = \text{Min} \left\{ \frac{t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{S^2(n)/n}}{|\bar{X}(n)|} \leq \gamma' \right\} \text{ onde } \gamma' = \gamma/(1+\gamma) \text{ é o erro relativo}$$

"ajustado" necessário para obter um erro relativo "atual" de γ . — Novamente, $n_r^*(\gamma)$ é aproximadamente o menor inteiro n que satisfaça $n \geq S^2(n) [Z_{1-\alpha/2} / \gamma' \bar{X}(n)]^2$. Se $n_r^*(\gamma) > n$ e se for feito $n_r^*(\gamma) - n$ replicações adicionais do sistema simulador, então a estimativa \bar{X} baseada em todas $n_r^*(\gamma)$ replicações deverá ter um erro relativo de aproximadamente γ .

A dificuldade em utilizar diretamente a equação anterior para obter uma estimativa de \bar{X} com um erro relativo de γ é que $\bar{X}(n)$ e $S^2(n)$ podem não ser estimadores precisos dos seus correspondentes parâmetros populacionais. Se $n_r^*(\gamma)$ for maior que o número de replicações necessárias, então um número significativo de desnecessárias replicações poderão ser executadas resultando em uma perda de recursos do computador. Por outro lado se $n_r^*(\gamma)$ for muito pequeno, então uma estimativa de \bar{X} baseado nas $n_r^*(\gamma)$ replicações pode não ser tão preciso quanto se imagina. Por este motivo será apresentado um "procedimento sequencial" (novas replicações são adicionadas uma a uma ao longo do tempo) para obter uma estimativa de μ com um erro

relativo específico que produza somente tantas replicações quantas forem necessárias. O procedimento assume que X_1, X_2, \dots, X_n é uma sequência de variáveis randômicas independentes e identicamente distribuídas e que não precisam ser necessariamente normais.

O objetivo específico do procedimento é obter uma estimativa de μ com um erro relativo de γ ($0 < \gamma < 1$) e um nível de significância de $100(1-\alpha)$ porcentos.

Passo 0: Escolha um número inicial de replicações $n_0 \geq 2$ e faça

$\delta(n, \alpha) = t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{n}}$ ser o meio intervalo de confiança. Então o

"procedimento sequencial" será o seguinte:

Passo 1: Faça n_0 replicações da simulação e faça $n = n_0$

Passo 2: Compute $\bar{X}(n)$, $S^2(n)$ e $\delta(n, \alpha)$ de X_1, X_2, \dots, X_n

Passo 3: Se $\frac{\delta(n, \alpha)}{|\bar{X}(n)|} \leq \gamma$, utilize $\bar{X}(n)$ como estimador de μ e pare.

Equivalentemente $I(\alpha, \gamma) = [\bar{X}(n) - \delta(n, \alpha); \bar{X}(n) + \delta(n, \alpha)]$ é um intervalo de confiança de aproximadamente $100(1-\alpha)$ por cento para μ com a precisão desejada.

Se não, substitua n por $(n + 1)$ e faça uma replicação adicional do sistema simulador e vá ao passo 1.

Observe que o procedimento computa uma nova estimativa de $Var(X)$ depois que cada replicação é obtida e que o número total de replicações exigidas pelo procedimento é uma variável randômica.

Portanto, o procedimento adotado neste trabalho irá seguir o seguinte algoritmo:

Passo 1: Estabelecer um número fixo de replicações com $2 \leq n_0 \leq 10$.

Passo 2: Utilizar o "procedimento fixo" para estabelecer o número inicial de replicações;

Passo 3: Utilizar o "procedimento sequencial" para controlar uma a uma o número de replicações estabelecidas pelo "procedimento fixo".

Passo 4: Caso o "procedimento sequencial" indique que o número de replicações estabelecido pelo "procedimento fixo" é insuficiente, retorna-se ao passo 2 e estabelece-se um novo número inicial de replicações até que o "procedimento sequencial" atinja $\frac{\delta(n, \alpha)}{|\bar{X}(n)|} \leq \gamma$ e encerre o procedimento

CAPÍTULO IV DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR

1. INTRODUÇÃO

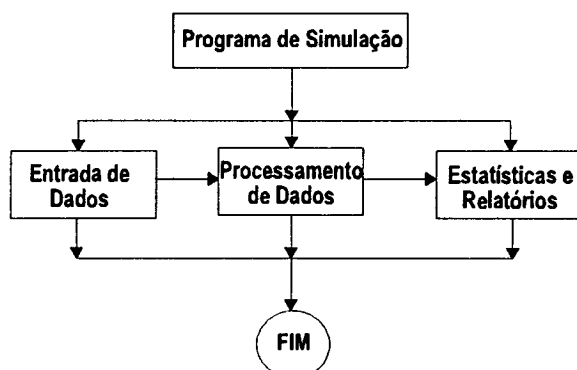
O sistema simulador foi desenvolvido na linguagem Pascal 5.0, de forma modular, permitindo assim, a inserção de novos procedimentos ao programa principal. Houve um cuidado especial em tornar o sistema o mais interativo e simples possível, permitindo fácil acesso ao usuário, o que, entretanto não dispensa um treinamento básico em estatística, probabilidade e engenharia econômica.

O programa principal do sistema simulador é composto por 3 sub-programas, a saber:

- Sub-programa de entrada de dados;
- Sub-programa de processamento de dados;
- Sub-programa de geração de estatísticas e relatórios.

O programa principal está ilustrado no fluxograma da figura 21.

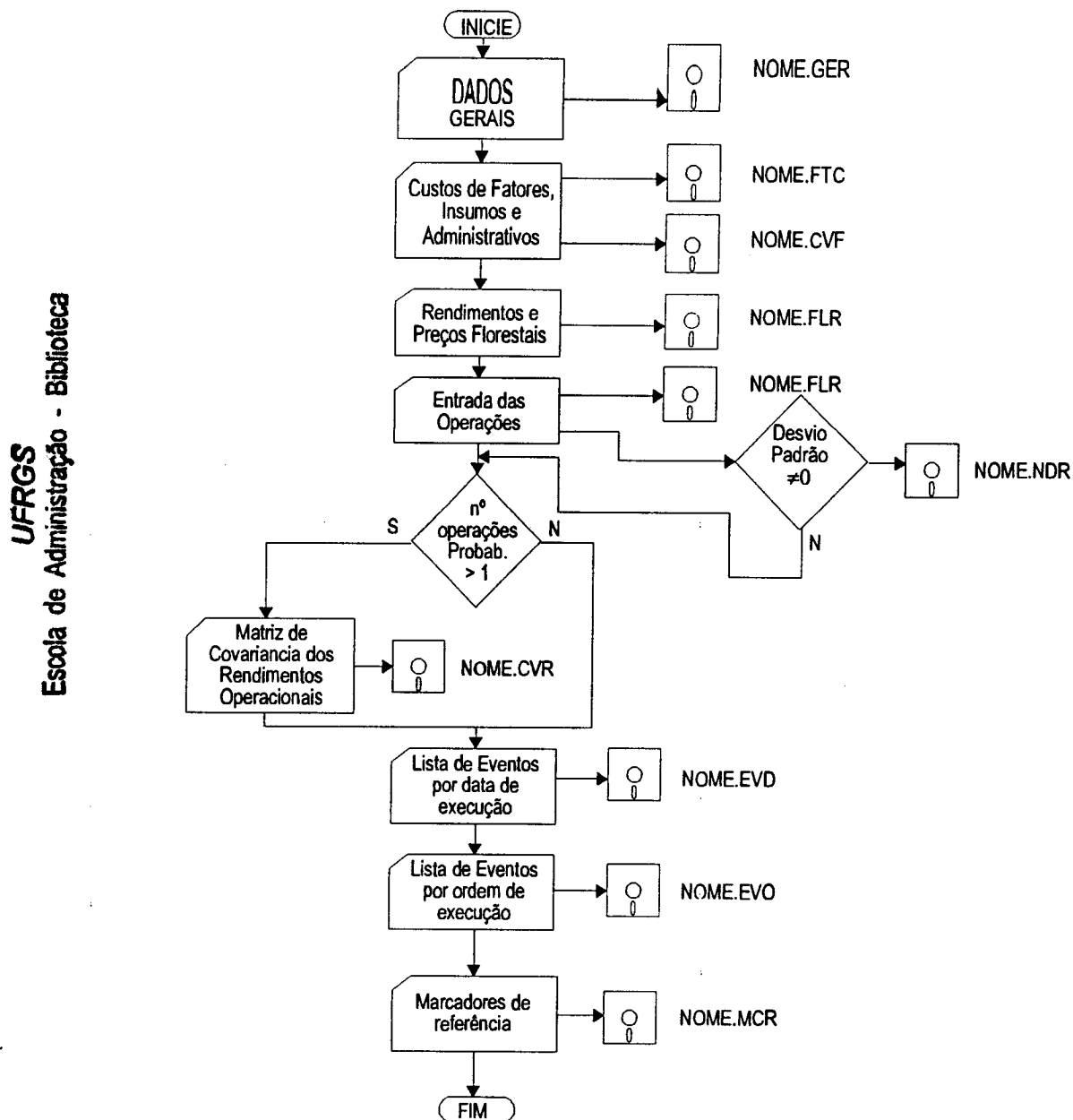
Figura 21: Fluxograma Geral do Programa Simulador



2. ENTRADA DE DADOS NO SISTEMA SIMULADOR

O sub-programa de entrada de dados segue o fluxograma ilustrado pela figura 22.

Figura 22: Fluxograma do sub-programa de entrada de dados



Conforme indica o fluxograma, são gerados dez arquivos resultantes da ordenação e processamento preliminar dos dados de entrada. Estes dez arquivos são discriminados abaixo:

CÓDIGO DO ARQUIVO	CONTEÚDO
01 ---- .EVD	Lista de eventos segundo a data de execução
02 ---- .EVO	Lista de eventos segundo a ordem de execução
03 ---- .FLR	Lista de eventos segundo a ordem de digitação
04 ---- .GER	Dados gerais do projeto
05 ---- .FTC	Custos dos Fatores de Produção e dos Insumos
06 ---- .CVF	Matriz de Covariância dos Custos dos Fatores de Produção
07 ---- .MCR	Marcador de referência para consulta da tabela de custos
08 ---- .CVR	Matriz de covariância dos rendimentos operacionais
09 ---- .FRT	Rendimento florestal
10 ---- .NDR	Arquivo com o código dos fatores de produção das operações probabilísticas

O sub-programa de entrada de dados irá solicitar as seguintes informações:

(1) Informar o nome do arquivo, se novo ou já existente;

(2) Informar o número de operações do projeto florestal;

(3) Informar:

- Custo da terra $\left\{ \begin{array}{l} - \text{Valor inicial} \\ - \text{Valor Final} \end{array} \right.$
- A área do projeto florestal
- As taxas mínimas de atratividade (Operacional, Administrativo, Florestal, Terra)*
- Considera o maior tempo dos fatores de produção individuais das operações? (S/N)

(4) Informar os parâmetros florestais:

- Espécie com variação do índice de sítio;
- Preço da madeira em pé:
 - Preço Inicial:
 - Preço Médio:
 - Desvio Padrão:

* A empresa Duratex S.A. trabalha com taxas de atratividade diferenciadas, o que obrigou a incorporação deste condicionante no programa.

- Desvio Padrão:

- Duração da Rotação: (5 a 10 anos)
- Deseja alterar o semente relativa ao preço? (S/N)
- Qual a nova semente?
- Coeficientes da equação de rendimento florestal:
 - Deflator:
 - Idade de medição:
 - Altura dominante no ano da medição:
 - Área basal no ano da medição:

(5) Cadastro dos custos de produção

- Qual o número de fatores?
- Código:
- Denominação:
- Recurso próprio ou de terceiros?
- Custo Inicial:
- Custo Médio:
- Desvio Padrão:
- Deseja alterar as sementes relativas aos custos:
- Quais as novas sementes:

(6) Cadastro dos custos administrativos:

- Qual o número de fatores:
- Código:
- Denominação:
- Recurso próprio ou de terceiros?
- Custo Inicial:
- Custo Médio:
- Desvio Padrão:

- Deseja alterar as sementes relativas aos custos?
- Quais as novas sementes?

(7) Entrada dos valores da matriz de covariância de custos:

(8) Cadastro das operações:

- Código: ≥ 900 = insumo
 < 900 = operações
- Denominação:
- Código da operação precedente $\left\{ \begin{array}{l} 000 \left\{ \begin{array}{l} \text{Operações iniciais ou} \\ \text{Depende da data} \end{array} \right. \\ > 000: \text{Operações precedentes} \end{array} \right.$
- Área:
- Número de fatores de produção:
 - Código:
 - Denominação:
 - Recurso próprio ou de terceiros:

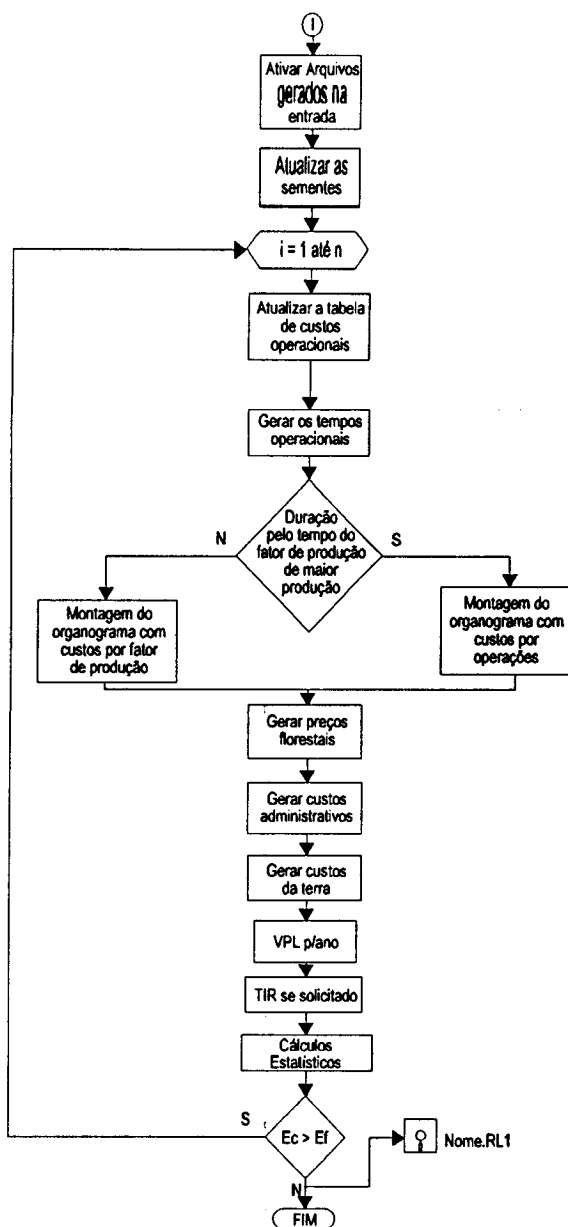
(9) Cadastro dos fatores de produção:

- Horas/Dia: 7,5
- Número de elementos:
- Frequência:
- Rendimento:
 - Distribuições Prob.: $\left\{ \begin{array}{l} 0 = \text{determinístico} \\ 1 = \text{Normal} \\ 2 = \text{Lognormal} \end{array} \right.$
 - Média:
 - Desvio Padrão:
 - Deseja alterar as sementes?
 - Quais são as novas sementes?

(10) Entrada dos valores da matriz de covariância dos rendimentos.

O sub-programa de processamento de dados segue o fluxograma ilustrado pela figura 23.

Figura 23: Fluxograma do sub-programa de processamento de dados



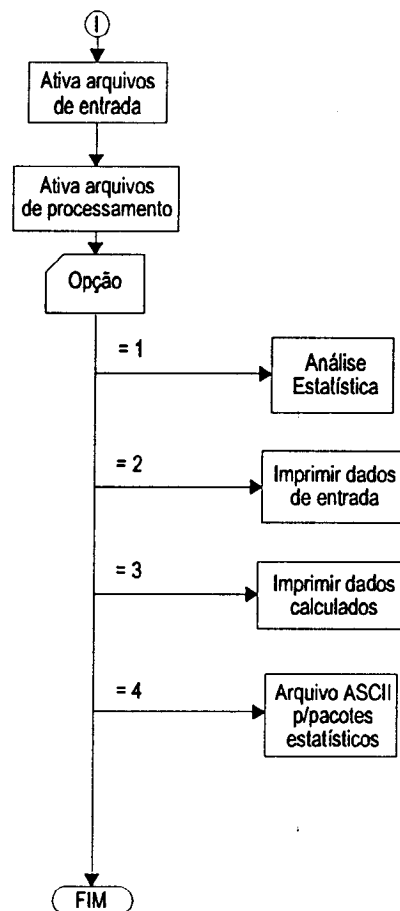
4. GERAÇÃO DE ESTATÍSTICAS E RELATÓRIOS

O sub-programa de geração de estatísticas e relatórios segue o fluxograma ilustrado pela figura 24.

Este sub-programa oferece 4 opções de relatórios, a saber:

1. Estatística descritiva dos dados de saída;
2. Dados de entrada;
3. Listagem dos dados simulados;
4. Arquivo ASCII

Figura 24: Fluxograma do sub-programa de geração de estatísticas e relatórios



CAPÍTULO V

A VALIDAÇÃO DO SISTEMA

1. INTRODUÇÃO

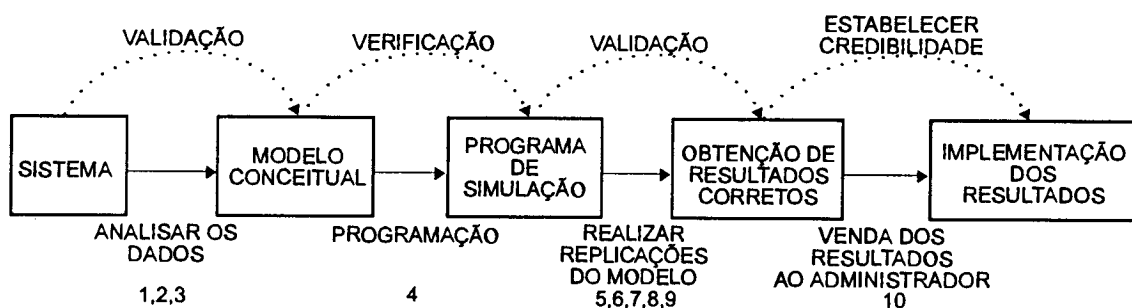
Um dos maiores problemas encontrado pelo analista de simulação é o de tentar determinar se o modelo de simulação é uma representação do sistema real em estudo, isto é, se o modelo é válido. Caso o modelo não seja válido muitas das conclusões derivadas do modelo terão valor duvidoso.

Inicialmente é preciso definir os termos: verificação, validação e credibilidade. "Verificação" é determinar se o programa computacional da simulação possui o desempenho desejado. Desta forma a "Verificação" verifica a tradução do "modelo conceitual da simulação" (isto é, fluxogramas e suposições) para um programa de trabalho correto. Apesar do conceito de "verificação" ser simples, a depuração de um modelo de simulação em larga escala é uma tarefa bastante árdua. "Validação" refere-se à determinação se o modelo conceitual de simulação (em oposição ao programa computacional) é uma correta representação do sistema em estudo. Se um modelo é "válido", então as decisões com o modelo devem ser similares com aquelas que podem ser feitas através de uma experimentação física com o sistema real (caso isto seja possível). Quando o modelo de simulação e seus resultados são aceitos pelo decisor como sendo válidas, e são usadas como um auxílio no processo decisório, pode-se dizer que o modelo é "verossímil", ou seja, possui "credibilidade". Apesar da "credibilidade"

não ser muito discutida na literatura, ela é provavelmente tão importante quanto a "validação" em termos de implementação dos resultados da simulação. A importância da "Credibilidade" do modelo é a maior razão pelo amplo interesse na animação dos dados de saída de um estudo de simulação, uma vez que a animação é um meio eficaz para o analista comunicar a essência do modelo ao administrador.

A ordem e as relações da "validação", "verificação" e o estabelecimento de "credibilidade" são dados na figura 25. Os retângulos representam os estados do modelo ou o sistema em estudo, as linhas horizontais cheias correspondem às ações necessárias para se mover de um estado para outro e as linhas curvas tracejadas mostram onde os três conceitos são utilizados com maior predominância. Os números abaixo da cada linha horizontal cheia correspondem às etapas de um estudo de simulação, conforme é comentado no item 13.3. do Capítulo 2.

Figura 25 - Ordenação e Relação da "Validação", "Verificação" e o estabelecimento de "Credibilidade"



A "validação" pode ser contrastada com a "análise dos dados de saída", a qual se refere à determinação (estimação) das verdadeiras medidas de desempenho do modelo de simulação (não necessariamente do sistema). Desta forma, a análise dos dados de saída é essencialmente um problema estatístico o qual envolve questões tais como comprimento e o número necessário de replicações.

2. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS PARA COMPARAR AS OBSERVAÇÕES DO MUNDO REAL COM OS DADOS DE SAÍDA DA SIMULAÇÃO

Suponha-se que R_1, R_2, \dots, R_k são observações de um sistema real e que M_1, M_2, \dots, M_l são dados de saída do correspondente modelo de simulação. Deseja-se comparar as duas séries de dados, de maneira que seja determinado se o modelo é uma representação correta do sistema real. O primeiro procedimento que vem à mente é utilizar um dos testes estatísticos clássicos – tais como Mann-Whitney, Chi-quadrado para duas amostras, Kolmogorov-Smirnov para duas amostras, etc. – para determinar se as distribuições das duas séries de dados podem ser consideradas, com segurança, como sendo idênticas. Entretanto, como já foi dito anteriormente, os processos de saída da maioria dos sistemas reais e de simulação são não-estacionárias e são auto-correlacionados, e por isto nenhum destes testes pode ser aplicado diretamente. Para tanto existem, para estes problemas de comparação, as abordagens de inspeção, intervalo de confiança e séries temporais. Para este estudo foi escolhida a abordagem de inspeção, haja visto ser a mais adequada para este tipo de estudo segundo LAW e KELTON (1991:319).

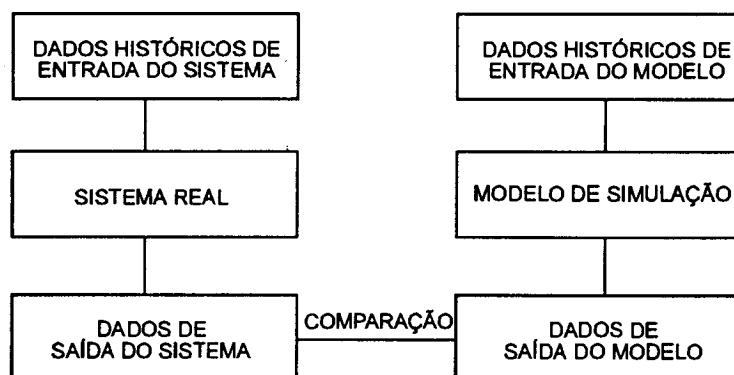
2.1. Abordagem por Inspeção

Esta abordagem parece ser a mais utilizada pelos praticantes da simulação, ela computa uma ou mais estatísticas das observações do mundo real e das correspondentes estatísticas dos dados de saída do modelo, e então compara as duas séries estatísticas sem o uso de procedimentos estatísticos formais. Exemplos de estatísticas que podem ser usados para este propósito são a média da amostra, a variância da amostra, a função de correlação da amostra e "histogramas" (a palavra histograma está entre aspas porque os histogramas são geralmente feitos com dados independentes e identicamente distribuídos). A dificuldade da abordagem por inspeção é que cada estatística é essencialmente uma amostra com tamanho definido de uma

determinada população, o que torna esta idéia particularmente vulnerável em função da aleatoriedade das observações tanto do sistema real como do modelo de simulação.

Por causa do perigo em se utilizar a "Abordagem Básica de Inspeção", esta será alterada para uma abordagem melhor, a qual possa comparar mais seguramente sistemas e dados de saída de modelos, desde que os dados sejam completos, suficientes e no formato correto. Particularmente é recomendado que numa comparação entre um modelo e o sistema real, é preferível que o modelo seja alimentado com os mesmos dados históricos de entrada do sistema, do que com dados amostrais das distribuições probabilísticas de entrada, o que permitirá uma melhor comparação dos dados de saída do modelo com os do sistema. A figura 26 ilustra este procedimento (os dados de saída do sistema referem-se aos dados históricos de entrada do sistema). Por isso, o sistema e o modelo irão experimentar exatamente as mesmas observações da variável aleatória de entrada, as quais irão resultar numa comparação estatística mais precisa. Chama-se esta idéia de "Abordagem de Inspeção com Correlação", haja visto que ela geralmente resulta numa comparação estatística entre o sistema e o modelo através de uma correlação positiva.

Figura 26: A abordagem de Inspeção com Correlação



A idéia de se comparar um modelo e seu correspondente sistema sob as mesmas condições estatísticas é similar ao uso da técnica de redução da variância em simulação conhecida como números randômicos comuns e do uso de "blocagem" nos

desenhos estatísticos experimentais. Deve ser mencionado, entretanto, que não é recomendado utilizar dados históricos de entrada do sistema para conduzir o modelo com o propósito de realizar "replicações de produção".

A abordagem de inspeção com correlação pode ser demonstrada matematicamente da seguinte forma:

Suponha que:

X = Média de uma medida de performance qualquer, gerada por um sistema real;

Y = Média da mesma medida de desempenho só que gerada por um modelo de simulação com os mesmos valores aleatórios usados pelo sistema real.

Y' = Média da mesma medida de desempenho só que gerada por um modelo real de simulação com valores aleatórios diferentes dos usados pelo sistema real.

Deseja-se provar que $Var(X - Y) < Var(X - Y')$, portanto:

$$Var(A - B) = Var(A) + Var(B) - 2.Cov(A, B)$$

No caso da abordagem básica de inspeção, $A = X$, $B = Y'$, $Cov(X, Y') = 0$ e $Var(X - Y') = Var(X) + Var(B)$.

Para a abordagem de inspeção com correlação, $A = X$, $B = Y$, $Cov(X, Y) > 0$ e

$$Var(X - Y) = Var(X) + Var(Y) - 2.Cov(X, Y)$$

Como $Cov(X, Y) > 0$, temos que $Var(X - Y) < Var(X - Y')$

3. VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO FLORESTAL

Para efeito de validação foram geradas duas simulações, uma considerando a opção reforma e a outra considerando a opção condução. Ambas utilizam o projeto C1 como padrão do sistema real. As principais características e parâmetros do sistema real são:

- Taxas de Atratividade:
 - Operacional : 20% a.a.
 - Administrativo : 20% a.a.
 - Terra : 10% a.a.
 - Florestal : 20% a.a.
- Taxa de valorização da terra: 0%
- Custo Médio:
 - Operacional:
 - Reforma:
 - Implantação : 87,8395 IGP/ha
 - Manutenção 1 : 24,3515 IGP/ha
 - Manutenção 2 : 0,8545 IGP/ha
 - Condução : 10,5836 IGP/ha
 - Administrativo : 0,0594 IGP/ha/mês
 - Terra : 130,0000 IGP/ha
- Preço da madeira em pé : 0,4815 IGP/stereo
- Informações Florestais:
 - Espécie : *Eucalyptus grandis*
 - Varição do índice de sítio : 2 m
 - Idade Inicial média : 3 anos
 - Altura dominante média : 20,1 m
 - Área basal média : 19,2 m
- Área reflorestada : 960 ha
- Queda de produção da condução em relação à reforma : 20%

A simulação da opção reforma contou com 62 atividades, sendo 48 operações e 14 aplicações de insumos. Foram considerados 13 fatores de produção com rendimentos probabilísticos e correlacionados. Também foram considerados 11 custos probabilísticos e correlacionados. Foram necessárias 999 replicações para se atingir um erro amostral de 11% a um nível de confiança de 90%. A lista de resultados líquidos em VPL das 999 replicações do ano 7 da reforma florestal encontram-se no anexo IV.

Tabela 6: Fluxo de Caixa da Reforma Florestal em VPL

ANO	Fluxo de caixa determinístico - FCD - (IGP)	Fluxo de caixa probabilístico (IGP)				
		P(x)≥FCD	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
90	-142.539	0,00	-200.628	-163.114	-271.569	13.124
91	-154.613	0,00	-304.598	-208.793	-998.532	45.586
92	-67.452	0,05	-219.389	224.342	-723.982	75.409
93	-28.559	0,09	-156.603	891.500	-609.166	121.516
94	-6.482	0,15	-109.340	1.775.319	-394.118	162.954
95	+4.766	0,16	-73.830	1.337.021	-418.605	181.307
96	+137.801	0,23	+101.189	2.400.248	-168.333	229.736

Conforme pode-se verificar na tabela 6 a probabilidade de ocorrência do Resultado Líquido Determinístico aumenta proporcionalmente ao avanço temporal do projeto florestal, chegando ao 7º ano com uma probabilidade de 23% de ocorrência. Este nível de probabilidade impede que seja rejeitada a Hipótese H_0 , ou seja, o modelo apresenta verossimilhança com o sistema real.

Tabela 7: Distribuição de Frequência do Fluxo de Caixa em VPL da Reforma Florestal do Projeto C1

Classes (IGP)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Frequência Relativa Acumulada
-168.833 -100.000	10	1,0%	1,0%
-100.000 0.000	369	36,9%	37,9%
0.000 100.000	332	33,2%	71,1%
100.000 200.000	111	11,1%	82,2%
200.000 300.000	74	7,4%	89,6%
300.000 400.000	30	3,0%	92,6%
400.000 500.000	30	3,0%	95,6%
500.000 600.000	14	1,4%	97,0%
600.000 700.000	6	0,6%	97,6%
700.000 800.000	8	0,8%	98,4%
800.000 900.000	2	0,2%	98,6%
900.000 1000.000	1	0,1%	98,7%
1000.000 2.400.248	12	1,3%	100,0%
TOTAL	999	100%	

A distribuição de frequência representada na tabela 7 mostra claramente que a opção de reforma apresenta uma probabilidade de 37,9% de incorrer em um Resultado Líquido Negativo o que indica que esta opção apresenta um alto risco financeiro. Verifica-se que a probabilidade de ganhos superiores a 100.000 IGP's é de apenas

28,9%. A tabela 7 também mostra que a distribuição probabilística dos resultados da simulação obedece a uma curva log-normal, o que era de se esperar uma vez que todas as variáveis probabilísticas obedecem a esta mesma distribuição. Neste caso o Teorema do Limite Central não encontra aplicação visto que as variáveis aleatórias não são independentes.

A simulação da opção Condução contou com 30 atividades, sendo 21 operações e 9 aplicações de insumos. Foi considerado um fator de produção com rendimento probabilístico. Também foram considerados 5 custos probabilísticos.

Foram necessárias 185 replicações para se atingir um erro amostral de 10% a um nível de confiança de 90%. A lista dos resultados líquidos em VPL das 185 replicações do ano 7 da Condução encontram-se no Anexo IV.

Tabela 8: Fluxo de Caixa da Condução Florestal em VPL

ANO	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa probabilístico (IGP)				
	determinístico (IGP)	$P(x) \geq RLD$	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
90	-122.672	0	-128.688	-125.718	-131.831	1.100
91	-111.880	0	-124.299	-117.121	-133.519	3.089
92	-33.258	0,24	-48.174	220.074	-113.442	56.020
93	-7.163	0,29	-9.283	804.049	-102.945	110.416
94	6.470	0,35	11.184	473.381	-100.497	117.980
95	12.250	0,39	24.264	591.244	-115.006	117.373
96	141.777	0,42	184.972	1.366.732	38.645	178.390

Conforme pode-se verificar na tabela 8 a probabilidade de ocorrência do resultado líquido determinístico também aumenta proporcionalmente ao avanço temporal do projeto florestal, chegando ao 7º ano com uma probabilidade de 42% de ocorrência. Este nível de probabilidade reforça ainda mais o impedimento de se rejeitar a Hipótese H_0 , ou seja, o modelo apresenta verossimilhança com o sistema real.

Tabela 9: Distribuição de Frequência do Fluxo de Caixa em VPL da Condução Florestal do Projeto C1

Classes (IGP)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Frequência Relativa Acumulada
38.645 — 100.000	68	36,8%	36,8%
100.000 — 200.000	60	32,4%	69,2%
200.000 — 300.000	30	16,2%	85,4%
300.000 — 400.000	15	8,2%	93,6%
400.000 — 500.000	6	3,2%	96,8%
500.000 — 600.000	2	1,1%	97,9%
600.000 — 700.000	1	0,5%	98,4%
700.000 — 800.000	0	0	98,4%
800.000 — 900.000	1	0,5%	98,9%
900.000 — 1000.000	0	0	98,9%
1000.000 — 1366.732	2	1,1%	100,0%
TOTAL	185	100%	

A distribuição de frequência representada na tabela 9 mostra que a opção de condução não apresenta risco financeiro, ou seja, não há nenhuma probabilidade de se incorrer em um resultado líquido negativo. Da mesma forma como na Reforma, a distribuição probabilística dos resultados da Condução segue uma curva log-normal. Verifica-se também que a probabilidade de ganhos superiores à 100.000 IGP's é de 63,2%

4. COMPARAÇÃO DE CONFIGURAÇÕES ALTERNATIVAS DO MESMO SISTEMA

4.1. Intervalo de Confiança para as Diferenças entre as Médias de Desempenho entre dois Sistemas.

Será considerado o caso especial de comparação de dois sistemas com base no resultado financeiro. Esta comparação é efetivada criando-se um intervalo de confiança para a diferença das duas expectativas de resultado ao invés de se realizar um teste de hipótese. Considerando-se que um teste de hipótese resulta apenas na rejeição ou não da hipótese da diferença observada ser igual a zero, um intervalo de confiança é mais rico em informações, pois além desta informação (rejeita-se a hipótese se o intervalo não possuir zero, e aceita-se a hipótese caso o intervalo contenha zero), ele quantifica o quanto a medida difere do padrão. Portanto tem-se uma abordagem

paramétrica, isto é teoricamente normal, apesar do que uma abordagem não paramétrica poderia ser utilizada de forma análoga. A abordagem paramétrica é simples e familiar e além disso pode ser bem robusta dentro deste contexto, visto que uma inclinação indesejada na distribuição dos dados de saída da variável aleatória podem ser amenizados ou melhorados através da subtração (assumindo-se que as saídas das distribuições estão inclinadas na mesma direção).

Para $i = 1, 2$, torne $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ uma amostra do sistema i com n_i observações independentes e identicamente distribuídas, e torne $\mu_i = E(X_{ij})$ ser a expectativa de resposta; desejar-se-á construir um intervalo de confiança para $\zeta = \mu_1 - \mu_2$. Se X_{1j} e X_{2j} são independentes ou não irá depender de como a simulação será executada.

4.1.1. Intervalo de confiança com t pareado

Se $n_1 = n_2 = n$, ou caso queira-se descartar algumas observações de um sistema que possua mais dados, pode-se parear X_{1j} com X_{2j} para definir $Z_j = X_{1j} - X_{2j}$, para $j = 1, 2, \dots, n$. Então os Z_j 's serão variáveis randômicas independentes e identicamente distribuídas e $E(Z_j) = \zeta$, o valor para a qual quer-se construir um intervalo de confiança. Portanto podemos tornar:

$$\bar{Z}(n) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_j \text{ e } \hat{V}ar[\bar{Z}(n)] = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n [Z_j - \bar{Z}(n)]^2$$

e formar um intervalo de confiança com (aproximadamente) $100(1-\alpha)$ porcentos de $\bar{Z}(n) \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\hat{V}ar[\bar{Z}(n)]}$.

Se os Z_j 's são normalmente distribuídos, o intervalo de confiança será exato, isto é, cobre ζ com probabilidade $(1-\alpha)$, por outro lado o teorema do limite central implica que a cobertura da probabilidade será próxima de $(1-\alpha)$ para valores grandes de n . Um ponto importante é que não é necessário assumir que X_{1j} e X_{2j} sejam

independentes, também não é preciso assumir que $Var(X_{1j}) = Var(X_{2j})$. Criar uma correlação positiva entre X_{1j} e X_{2j} pode ser de grande importância desde que conduza a uma redução na $Var(Z_j)$ e assim a um menor intervalo de confiança. O intervalo de confiança apresentado acima pode ser chamado de "intervalo de confiança com t pareado" e implica em reduzir basicamente o problema de dois sistemas para apenas um envolvendo uma amostragem simples, isto é, os Z_j 's.

5. COMPARAÇÃO ENTRE A REFORMA E A CONDUÇÃO DO PROJETO C1

Seguindo o procedimento de cálculo do intervalo de confiança com t pareado obteve-se os seguintes resultados; a média das diferenças foi de $\bar{Z}=77.198$ e o desvio padrão foi de $S = 284.950$. De posse destes dados foi construído um intervalo de confiança com um nível de 90%, o que corresponde a $I = [-391.544 ; 545.940]$. Verifica-se que o intervalo de confiança contém zero e portanto não podemos rejeitar a Hipótese H_0 de que a diferença entre as médias não difere significativamente de zero. Conclui-se portanto que a Reforma e a Condução Florestal do Projeto C1 são estatisticamente semelhantes. Entretanto convém salientar que existe uma probabilidade de 78% dos resultados da Condução Florestal serem superiores aos apresentados pela Reforma Florestal.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho, conforme podemos constatar no capítulo I, é "modelar o ambiente operacional e econômico de uma empresa florestal através da técnica de simulação discreta estocástica, objetivando, assim, incorporar o risco na análise do fluxo de caixa dos investimentos florestais".

Para que este objetivo pudesse ser atingido, foi desenvolvido ao longo do capítulo III uma metodologia de trabalho que culminou no desenvolvimento de um sistema simulador, conforme está descrito no capítulo IV.

De posse do sistema simulador foi realizada uma análise comparativa entre os resultados financeiros determinísticos e os resultados financeiros probabilísticos de duas opções de manejo, de um mesmo projeto florestal. Esta análise, conforme pode ser verificado no capítulo V, permitiu que o sistema simulador viesse a ser validado, uma vez que:

- 1) Na opção "Reforma Florestal" verificou-se que ao 7º ano do projeto florestal, o fluxo de caixa determinístico possui uma probabilidade de 23% de ocorrência.

- 2) Na opção "Comando Florestal" verificou-se que ao 7º ano do projeto florestal, o fluxo de caixa determinístico possui uma probabilidade de 42% de ocorrência.

Estes níveis de probabilidade impedem que o modelo apresentado seja rejeitado, ou seja, o modelo apresenta verossimilhança com o sistema real.

Da análise comparativa concluiu-se também que:

- 3) As duas opções de manejo, ou seja: Reforma e Condução Florestal, apresentam resultados financeiros que não diferem significativamente a um nível de 90% de confiança.
- 4) A probabilidade de que os resultados financeiros da Condução Florestal sejam superiores aos resultados da Reforma Florestal é de 78%.
- 5) O risco financeiro da Condução Florestal é de 0% enquanto que o risco da Reforma Florestal é de 37,9%.

JUSTIFICATIVAS

A alta variabilidade financeira de um projeto induz a uma maior probabilidade de risco financeiro. A variabilidade total de um projeto é o resultado do somatório das variabilidades individuais de cada uma das operações deste projeto. Assim sendo, verifica-se que a opção Reforma Florestal apresenta um alto risco, uma vez que é constituída por inúmeras operações que apresentam uma alta variabilidade, tanto nos custos como nos rendimentos operacionais. Esta afirmativa é comprovada pelos valores apresentados nas tabelas 10, 11 e 12.

É incontestável que os valores apresentados são muito altos e que uma análise determinística, a qual utiliza apenas os valores médios, negligenciando os valores

extremos, é muito conservadora. Já uma análise probabilística, a qual utiliza distribuições de probabilidade, considera toda a gama de valores compreendidos entre os extremos do intervalo. Desta forma podemos justificar a baixa probabilidade de ocorrência dos fluxos de caixa determinísticos, visto que as médias utilizadas não refletem a realidade.

Tabela 10: Intervalo e Amplitude de Variação dos Custos dos Fatores de Produção (IGP/h)

Fator de Produção	Média	Intervalo		Amplitude
		Min	Máx	
Carregador Forestal Terceiros	1,7355	0,8161	2,5287	1,7126
Mão-de-Obra Própria	0,1822	0,1283	0,4541	0,3258
Mão-de-Obra Terceiros	0,1822	0,1058	0,1918	0,0860
Moto Niveladora Própria	3,1611	1,7157	9,2053	7,4896
Moto-Serra Própria	1,7727	1,2886	6,4280	5,1394
Pá Carregadeira Própria	1,4940	1,1797	13,8384	12,6587
Trator Pneu Leve Próprio	0,9243	0,7356	2,0740	1,3384
Trator Pneu Pesado Próprio	2,0556	1,1939	5,3689	4,1750
Trator Esteira Próprio	4,0048	1,0070	17,5947	16,5877
Veículo Pesado Próprio	0,0981	0,0511	0,2197	0,1686
Atividade Administrativa (IGP/ha/mês)	0,0594	0,0449	0,0969	0,0520

Tabela 11: Intervalo de Variação do Preço da Madeira em Pé (IGP/st)

Fator de Produção	Média	Intervalo		Amplitude
		Min	Máx	
Preço da Madeira em Pé	0,4815	0,2074	1,2791	1,0717

Tabela 12: Intervalo e Amplitude de Variação das Variáveis de Rendimento (h/ha)

Operação	Fator de Produção	Média	Intervalo		Amplitude
			Min	Máx	
Rebaixamento Cepa	M.S.p.	8,00	4,92	15,39	10,47
Coroamento + Roçada	M.O.t.	50,00	29,80	57,30	27,50
Reforma Rede Viária	T.E.p.	15,00	3,00	32,55	29,55
Reforma Rede Viária	M.N.p.	10,00	5,59	36,59	31,00
Reforma Rede Viária	C.F.t.	15,00	4,50	28,86	24,36
Reforma Rede Viária	P.P.p.	15,00	3,54	15,65	12,11
Reforma Rede Viária	P.C.p.	3,00	1,67	9,08	7,41
Realinhamento + Adub. Base	T.E.p.	2,50	1,57	3,02	1,45
Ronda Formiga	M.O.p.	0,60	0,51	1,28	0,77
Roçada Vegetação	M.O.t.	43,00	14,52	76,24	61,72
Irrigação	M.O.t.	4,50	3,95	6,55	2,60
Irrigação	P.L.p.	1,20	1,03	2,36	1,33
Irrigação	V.P.p.	0,60	0,73	7,95	7,22

LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho apresentou inúmeras limitações que restringem a aplicação dos resultados aqui apresentados, entre elas destacam-se:

1. As informações operacionais recebidas do departamento de planejamento não correspondem plenamente ao realizado visto que houve descontinuidade e alterações operacionais nem sempre documentadas.
2. O modelo só considerou as atividades silviculturais desconsiderando, por falta de informações, as atividades de corte e transporte florestal.
3. As séries temporais utilizadas correspondem a um período muito curto de tempo, impedindo, assim, a verificação de sazonalidades, tanto de custos como de rendimentos operacionais.
4. Seriam necessárias informações mais detalhadas sobre a condução florestal, pois sabe-se que os rendimentos desta opção são decrescentes, além do mais algumas operações são mais onerosas do que na reforma florestal.

RECOMENDAÇÕES

Para a utilização plena dos recursos do sistema simulador, faz-se as seguintes recomendações para as empresas florestais:

1. Desenvolver um banco de dados com informações de rendimentos operacionais e de custos, além de atualiza-los constantemente;
2. Fazer um acompanhamento estatístico das informações de rendimentos operacionais e de custos;
3. Criar uma equipe multidisciplinar composta de pessoas com conhecimentos operacionais, de estatística, de computação e de pesquisa

operacional. Esta equipe seria responsável pelo desenvolvimento, aperfeiçoamento e implementação de modelos e sistemas;

4. Desenvolver um programa de treinamento que permita que os elementos decisores a nível operacional e tático utilizem os modelos e sistemas desenvolvidos;
5. Desenvolver um espírito crítico sobre os modelos e sistemas, de tal maneira que sejam vistos como soluções temporárias e não como soluções definitivas, isto deve ao fato do sistema real sofrer constantes mudanças, exigindo assim frequentes adaptações;
6. Reduzir a variabilidade dos rendimentos operacionais e dos custos através de uma maior padronização de tarefas, o que pode ser obtido através de um minucioso estudo de tempos e movimentos aliado a um maior investimento em tecnologia;
7. Utilizar equipamentos computacionais com coprocessador aritmético, além de configurações mais modernas de *hardware*. Abaixo apresenta-se o desempenho do sistema simulador no processamento de uma rodada da opção reforma florestal em três diferentes opções de *hardware*:

- XT 8 MHz → 130 seg.
- 386SX - 16 MHz → 40 seg.
- 486DX - 66 MHz → 4 seg.

OBSERVAÇÕES FINAIS

Este trabalho não é terminal, pelo contrário, é apenas o início de uma pesquisa mais abrangente envolvendo a análise de risco em investimentos florestais.

Assim, sugere-se que trabalhos futuros considerem os seguintes aspectos:

- Incorporar ao sistema as atividades de exploração florestal;
- Considerar séries temporais de vários projetos florestais ao longo de pelo menos uma década, de forma que seja possível determinar melhor as curvas de distribuição além de constatar eventuais sazonalidades;
- Planejar desenhos experimentais de forma a otimizar o número de sistemas alternativos a serem comparados.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, P.F.S.P. & STEPHAN, C.. **Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro, Campus, 1982, 280p.
- ANDRADE, J.G.. **Introdução à Administração Rural**. Modulo 1 - Curso de Administração Rural, DAE/ESAL, Lavras, 1990, 47p.
- ANGELO, H.; ENCINAS, J.I. & HOSOKAWA, R.. **Elementos para o Planejamento Florestal**. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1991, (Coleção Textos Universitários), 42p.
- BANKS, J. & CARSON, J.S.. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1984.
- BRANDÃO, F.H.B.. **Análise do Retorno de Ações pelo Modelo de Mistura Discreta de Normais**. Dissertação de Mestrado, UFRGS/PPGA, 1992.
- BREDLEY, R. & MYERS, S.. **Principles of Corporate Finance**. New York, McGraw-Hill, Inc. 1981, 890p..
- CAULFIELD, J.P.. **A Stochastic Efficiency Approach for Determining the Economic Rotation of a Forest Stand**. Forest Science, volume 34, n.2, 1988, pp.441-457.
- CHURCHMAN, C.W.. **The System Approach**. New York, Delacorte Press, 1968.
- CSILLAG, J.M.. **O Significado do Mundo do Ganho**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 31(2)61-68, Abr/Jun 1991.
- CSILLAG, J.M.. **Análise de Valor**. 3.ed, São Paulo, Ed. Atlas, 1991.
- DONALDSON, G.. **Corporate Debt Capacity**. Boston Graduate School of Business Administration, Harward University, 1961.
- DRUCKER, P.. **Uma Era de Descontinuidade; Orientações para uma Sociedade em Mudança**. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1970, 427p.

- DUERR, W.A.. **Fundamentals of Forestry Economics**. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1960, 579p.
- DUERR, W.A.. **Forest Resource Management: Decision-Making Principles and Cases**. W.B. Saunders Company, 1979.
- ENGELHARD, R.J & ANDERSON, W.C.. **A Method of Assessing Risk in Forestry Investments**. Southern Forest Experiment Station, Research Paper SO-189, New Orleans, Louisiana, 1983, 13p.
- FAMA, E.F.. **The Behavior of Stock-Market Prices**. The Journal of Business, 1968.
- FENSTERSEIFER, J.F.; GALESNE, A. & ZIEGELMANN, J.. **A Utilização de Técnicas Analíticas nas Decisões de Investimento de Capital das Grandes Empresas no Brasil**. Revista de Administração, São Paulo 22(4):70-78, Out/Dez 1987.
- FORGIONNE, G.A.. **Corporate Management Science Activities: An Update**. Interfaces, 13:3:20-23(1983)
- FORRESTER, J.W.. **Industrial Dynamics**. Cambridge, Mass.: The MIT Press, and New York: John Wiley & Sons, Inc. 1961
- GALETI, Paulo Anestar. **Conservação do Solo; Reflorestamento; Clima**. 2.ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 286p.
- GASTAL, E.. **Os Sistemas de Produção na Pesquisa Agropecuária**, EMBRAPA, Brasília, 1975, pp.69-75.
- GENTRY, J.A. & PYHRR, S.A.. **Simulating an Earning per Share Growth Model**. Financial Management, Summer 1973, pp.68-75.
- GOLDRAT, E.M. & COX, J.. **A Meta - Excelência na Manufatura**. São Paulo, IMAM, 1986.
- GORDON, G.. **System Simulation**. 2d Ed, Prentice-Hall, Englewood Clieffs, N.J., 1978.
- HAMMERSLEY, J.M. & MORTON, K.W.. **A New Monte Carlo Technique: Anthitetic Variates**. Proc. Camb. Phil. Soc., 52:449-475(1956).
- HARPELL, J.L.; LANE, M.S. & MANSOUR, A.H.. **Operations Research in Practice: A Longitudinal Study**. Interfaces, 19:3:65-74(1983).
- HERTZ, D.B.. **Risk Analysis in Capital Investment**. Harvard Business Review 42(1):95-106, 1964.
- HOGANSON, H.M. & ROSE, D.W.. **A Model for Recognizing Foreswide Risk in Timber Management Scheduling**. Forest Science, volume 33, n.2, 1987, pp.268-282.
- HOUSE, W.C.. **Business Simulation for Decision Making**. A Petrocelli Book, 1977, 363p.
- KNIGHT, F.H.. **Risk, Uncertainty and Profit**. London School of Economics and Political Science, Reprints of Scarce Tracts n.16, 1921, 381 p.

- KRYZANOWSKI, L.; LUSTZIG, P. & SCHWAB, B.. **Monte Carlo Simulation and Capital Expenditure Decisions - a Case Study**. *The Engineering Economist*, fall 1972, pp.31-48.
- LAW, A.M. & KELTON, W.D.. **Simulation Modeling & Analysis**. Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1991, 759p.
- LAW, A.M. & McCOMAS, M.G.. **Secrets of Successful Simulation Studies**. *Ind.Eng.*, 22:47-48, 51-53,72 (May 1990).
- LERNER, E.M.. **Simulating a Cash Budget**. *California Management Review*, Winter 1968, vol.XI, n.2, pp.79-86.
- LEUSCHNER, W.A.. **Introduction to Forest Resource Management**. John Wiley & Sons, Inc., 1984, 298p.
- LOOMBA, N.P.. **Management, A Quantitative Perspective**. McGraw-Hill, Inc., 1978, 594p.
- LUCE, R. D. & RAIFFA, H.. **Games and Decision**, New York, NY, John Wiley and Sons, 1958.
- MACIEL, J.. **A Unificação das Ciências pela Teoria Geral dos Sistemas**. In: *Estudos Universitários: Revista de Cultura da Universidade Federal de Pernambuco*, Recife 11(4):7-31 Out/Dez 1971.
- MARSAGLIA, G. & BRAY, T.A.. **A Convenient Method for Generating Normal Variables**. *SIAM Rev.*, 6:260-264(1963).
- MARSE, K. & ROBERTS, S.D.. **Implementing a Portable Fortran Uniform (0,1) Generator**. *Simulation*, 41:135-139(1983).
- MARTINI, E.L. & LEITE, N.B.. **Planejamento Florestal, a Importancia e a Aplicação da Programação Linear**. In: *Anais do 1. Encontro Brasileiro de Economia Florestal*, vol.2. Curitiba-EMBRAPA, CNPF, 1988, pp.545-574.
- MOORE, A.. **A Statistical Analysis of Common-Stock Prices**. Unpublished, PhD Dissertation, Graduate School of Business, University of Chicago, 1962.
- NETO, Miguel José Afonso. **Cultura do Eucalipto**. Belo Horizonte, Informe Agropecuário nº 121, 1986, 112p.
- NORONHA, J.F.. **Projetos Agropecuários: Administração Financeira, Orçamento e Viabilidade Economica**. São Paulo, Atlas, 1987, 269p.
- OLIVEIRA, A.J.. **Desenvolvimento de um Sistema Computacional para Simular e Comparar Economicamente a Operações de Reforma, Adensamento e Interplântio em Povoamentos de Eucaliptos**. Viçosa (UFV), Impr.Univ., 1986 (Tese de M.Sc.).
- PELZ, O.R.. **Optimizing Forest Production: A Probabilistic Mathematical Programming Approach**. Syracuse University, New York, 1973, 279p. (Tese de PhD).
- PROTIL, R.M. & FREITAS, A.J.P.. **Desbrota Mecanizada: Uma Nova Opção na Condução da Brotação em Povoamentos de Eucaliptos**. In: *6. Congresso Florestal Brasileiro*, Campos do Jordão, 1990.

- RESENDE, G.C.; MENDES, C.J. & MORAIS, F.S.A.. Adubação de Cepas de *Eucalyptus grandis* Hill ex (Maiden) na Ocasão do Primeiro Corte. IPEF, 1981 (Circular Técnica 1929).
- SCHAEFER, R.E. & BORCHERDING, K.. A Note on the Consistency Between Two Approaches to Incorporate Data from Unreliable Sources in Bayesian Analysis. *Organizational Behavior and Human Performance*, n.9, 504-8, 1973.
- SCHEUER, E.M. & STOLLER, D.S. On the Generation of Normal Random Vectors. *Technometrics*, 4:278-281(1962).
- SCOTT, D.F. & MOORE, L.J.. Financial Planning in a Simulation Framework. *Atlanta Economic Review*, May-June 1975, pp.10-14.
- SHANNON, R.E.. *Systems Simulation: the Art and Science*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1975.
- SHANNON,R.E.; LONG,S.S. & BUCKLES,B.P.. *Operation Research Methodologies in Industrial Engineering*. AIEE Trans., 12:364-367(1980).
- SIMÕES, João Walter *et alii*. *Formação, Manejo e Exploração de Florestas com Espécies de Rápido Crescimento*. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1981, 131p.
- SIMON, H.A.. *Models of Man*. New York, John Willey & Sons, Inc.,1957.
- SIMON, H.A.. *The New Science of Management Decisions*. New York, Harpo Publishers, 1960.
- SOLBERG, B.. *Macro-Economics Models for Long-Term Forest Sector Analysis in Norway*. *TIMS Studies in the Management Sciences* 21(1986)113-121.
- SOUZA, R.; GUIMARÃES, J.M.P.; VIEIRA, G.; MORAIS, V.A. & ANDRADE, J.G.. *A Administração da Fazenda*. Rio de Janeiro, Globo (Coleção do Agricultor-Economia), 1988.
- SPEIDEL, G.. *Economia Florestal*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1966, 165p.
- STRACK, J. *GPSS: Modelagem e Simulação de Sistemas*. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984.
- THOMPSON, E.F.. *The Theory of Decision Under Uncertainty and Possible Applications in Forest Management*. *Forest Science*, volume 14, n.2, 1968, pp.156-163.
- THOMPSON, E.F. & HAYNES, R.. *A Linear Programming Probabilistic Approach to Decision Making under Uncertainty*. *Forest Science*, volume 17, n.2, 1971, pp.224-229.
- WEINTRAUB, A.. *Forest Management Planning under Uncertainty*. Final Report in Fulfillment of Univ. of California Coop. Agree n.21- 227, Analysis of the Impact o Errors in Data on the Solution to Linear Programm Used in Wildland Management Planning. Berkeley, 1976, 76p.

WEINTRAUB, A. & NAVON, D. **A Mathematical Programming in Large Scale Forestry Modeling and Applications.** TIMS Studies in the Management Sciences 21(1986)337-351.

WINTERFELDT, D. & EDWARD, W. **Decision Analysis and Behavioral Research.** Cambridge University Press, 1986, 604p.

WOILER, S. & MATHIAS, W.F.. **Projetos: Planejamento, Elaboração e Análise.** São Paulo, Atlas, 1988, 294p..

ANEXOS

Anexo 1

Rendimentos e custos das operações de Reforma

OPERAÇÕES	Fator de Produção	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha
			h/ha	(IGP)	(IGP)
Média empírica					
1. Roçada vegetação	M.O.	1	43,0	0,1585	6,8155
2. Construção de aceiros	C.F.	1	1,00	1,7355	1,7355
	M.O.	1	4,00	0,1585	0,6340
3. Reforma da Rede	P.P.	1	0,40	2,0556	0,8222
	C.F.	0,075	15,00	1,7355	1,9524
	M.N.	0,075	10,00	3,1611	2,3708
	P.C.	0,075	3,00	1,4940	0,3362
	P.P.	0,075	15,00	2,0556	2,3126
	T.E.	0,075	15,00	4,0040	4,5054
4. Fosfatagem	M.O.	0,375	2,00	0,1585	0,1189
	P.L.	0,375	0,50	0,9243	0,1733
5. Gessagem	M.O.	0,375	2,00	0,1585	0,1189
	P.L.	0,375	0,50	0,9243	0,1733
6. Incorporação da manta	P.P.	1	1,20	2,0556	2,4667
7. Queima	M.O.	1	5,00	0,1585	0,7925
	P.P.	1	0,20	2,0556	0,4111
8. Rebaixamento de cepas	M.S.	1	8,00	1,7727	14,1816
9. Sub-solagem	P.P.	0,075	5,00	2,0556	0,7709
10. Combate formiga	M.O.	1	1,30	0,1822	0,2369
11. Retirada de resíduos	C.F.	1	1,00	1,7355	1,7355
	M.O.	1	8,00	0,1585	1,2680
12. Erradicação do capim colônião	M.O.	0,2	25,00	0,1585	0,7925
13. Nivelamento	M.O.	1	0,80	0,1822	0,1458
14. Realinhamento/Adubação base	T.E.	1	2,50	4,0048	10,0120
15. Repasse formiga a pé I	M.O.	1	1,00	0,1822	0,1822
16. Plantio	M.O.	1	14,00	0,1822	2,5508
	P.L.	1	0,70	0,9423	0,6470
17. Irrigação	C.P.	1,5	0,60	1,5660	1,4094
	M.O.	1,5	4,50	0,1585	1,0699
	P.L.	1,5	1,20	0,9243	1,6637
18. Repasse formiga a pé II	M.O.	1	1,00	0,1822	0,1822
19. Censo de falhas	M.O.	1	1,00	0,1822	0,1822
20. Replântio	M.O.	1	0,20	0,1822	0,9110
	P.L.	1	5,00	0,9243	0,1849
21. Adubação de cobertura	M.O.	1,1	13,00	0,1822	2,6055
	P.L.	1,1	0,70	0,9243	0,7117
22. Eliminação das brotações	M.O.	2	4,50	0,1585	1,4265
23. Transporte de fertilizantes	V.P.	1	1,90	0,0981	0,1864
24. Transporte de mudas	V.P.	1	5,20	0,0981	0,5101
25. Transporte outros	V.P.	1	2,00	0,0981	0,1962
SUB TOTAL					69.5022

Rendimentos e custos das operações de Manutenção de 1º ano

OPERAÇÕES	Fator de Produção	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha
			h/ha	Unitário	Total
Média empírica					
1. Coroamento + roçada	M.O.	1,5	50,00	0,1585	11,8875
2. Roçada manual	M.O.	1,0	17,00	0,1585	2,6945
3. Repasse formiga	M.O.	1	0,50	0,1822	0,0911
4. Repasse formiga à cavalo II	M.O.	1	0,50	0,1822	0,0911
5. Adubação	M.O.	1	2,00	0,1585	0,3170
	P.L.	1	0,50	0,9243	0,4622
6. Transporte de fertilizante	V.P.	1	0,60	0,0981	0,0589
7. Manutenção de caminhos	M.N.	0,04	1,50	3,1611	0,1897
	M.O.	0,04	8,00	0,1822	0,0583
8. Manutenção de contornos	M.N.	0,05	1,50	3,1611	0,2371
	M.O.	0,05	8,00	0,1822	0,0729
9. Fosfatagem	M.O.	0,70	2,00	0,1585	0,2219
	P.L.	0,70	0,50	0,9243	0,3235
SUB TOTAL					16,7057

Rendimentos e custos das operações de 2º ... 7º ano, 9º ... 14º ano e 16º ... 21º ano

OPERAÇÕES	Fator de Produção	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha	Custo/ha
			h/ha	Unitário	Anual	6 anos
Média empírica						
1. Manutenção de caminhos	M.N.	0,04	1,50	3,1611	0,1897	1,1382
	M.O.	0,04	8,00	0,1822	0,0583	0,3498
2. Manutenção de contornos	M.N.	0,05	1,50	3,1611	0,2371	1,4266
	M.O.	0,05	8,00	0,1822	0,0729	0,4374
3. Combate formiga anual	M.O.	1	0,80	0,1822	0,1458	0,8748
4. Ronda formiga mensal	M.O.	1	0,60	0,1822	1,3116	7,8696
SUB TOTAL						12,0924

Rendimentos e custos das operações de 8º ano e 15º ano (Condução)

OPERAÇÕES	Fator de Produção	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha
			h/ha	Unitário	Total
Média empírica					
1. Manutenção de caminhos	M.N.	0,04	1,50	3,1611	0,1897
	M.O.	0,04	8,00	0,1822	0,0583
2. Manutenção de contornos	M.N.	0,05	1,50	3,1611	0,2371
	M.O.	0,05	8,00	0,1822	0,0729
3. Repasse formiga pós-corte	M.O.	1	0,50	0,1822	0,0911
4. Desbrota	M.O.	1	10,0	0,1822	1,8220
5. Ronda formiga mensal	M.O.	1	0,60	0,1822	1,3116
6. Adubação	M.O.	1	2,00	0,1822	0,3644
	P.L.	1	0,50	0,9243	0,4622
7. Transporte de fertilizante	V.P.	1	1,00	0,0981	0,0981
SUB TOTAL					4,7074

Rendimentos e custos de insumos utilizados nas operações de reforma/implantação

INSUMO	Unidade	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha
			h/ha	Unitário	Total
Média empírica					
1. Esterco	Ton.	0,040	4,00	2,5806	0,4129
2. FAPS (Fosfatagem)	Ton.	0,300	0,30	10,4839	0,9436
FAPS (Bordadura)	Ton.	0,075	1,00	10,4839	0,7863
3. Formicida (Combate)	Kg.	1	0,60	0,0686	0,0412
Formicida (Repasse I)	Kg.	1	0,30	0,0686	0,0206
Formicida (Repasse II)	Kg.	1	0,30	0,0686	0,0206
4. Gesso (Aplicação I)	Ton.	0,323	0,26	1,9851	0,1667
Gesso (Aplicação II)	Ton.	0,0525	0,52	1,9851	0,0542
5. Mudás (Plantio)	Mudas	1	2222	0,00365	8,1103
Mudas (Replante)	Mudas	1	333	0,00365	1,2155
6. NK 20-00-20	Ton.	1,1	0,15	21,2546	3,5070
7. Super Simples	Ton.	1	0,22	13,9032	3,0537
SUB-TOTAL					18,3326

Rendimentos e custos de insumos utilizados nas operações de manutenção do 1º ano

INSUMO	Unidade	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha
			h/ha	Unitário	Total
Média empírica					
1. FAPS	Ton.	0,700	0,30	10,4839	2,2016
2. Formicida	Kg.	1	0,30	0,0686	0,0206
3. NK 20-00-20	Ton	1	0,20	27,1186	5,4237
SUB-TOTAL					7,6459

Rendimentos e custos de insumos utilizados nas operações de manutenção do 2º ... 7º ano, 9º ... 14º ano e 16º ... 21º ano

INSUMO	Unidade	Frequencia	Rendimento/ha	Custo/unidade	Custo/ha	Custo/ha
					Anual	6 anos
Média empírica						
1. Formicida (Combate)	Kg.	1	0,30	0,0686	0,0686	0,1236
Formicida (Ronda mensal)	Kg.	1	0,30	0,0686	0,0686	4,9392
SUB-TOTAL						5,0628

**Rendimentos e custos de insumos utilizados nas operações de manutenção do 8º ano e
15º ano (Condução)**

INSUMO	Unidade	Frequencia	Rendimento	Custo/h	Custo/ha
			h/ha	Unitário	Total
Média empírica					
1. FAPS	Ton.	1	0,15	10,4839	1,5726
2. Formicida (Combate)	Kg.	1	0,60	0,0686	0,0412
Formicida (Repasse)	Kg.	1	0,30	0,0686	0,0206
Formicida (Ronda mensal)	Kg.	1	0,30	0,0686	0,2472
3. NK 20-00-20	Ton.	1	0,20	27,1186	5,4237
SUB-TOTAL					7,3053

Anexo 2

Classificação das Operações de Reforma - IGP/ha para ciclo de 7 anos

ORD.	OPERAÇÃO	CUSTO	ACUMULAD	CLASSE
		TOTAL (%)	A (%)	
1	Rebaixamento de cepas	10,96	10,96	A
2	Coroamento + Roçada	9,19	20,15	A
3	Reforma da rede viária	8,87	29,02	A
4	Realinhamento + Adub. base	7,74	36,76	A
5	Mudas	7,21	43,97	A
6	Fertilizante NK 20:00:20	6,91	50,88	A
7	Ronda Mensal Formiga	6,08	56,96	A
8	Roçada da Vegetação	5,26	62,22	A
9	Formicida	4,00	66,22	A
10	Irrigação	3,20	69,42	A
11	Fertilizante FAPS	3,04	72,46	B
12	Adubação de Cobertura	2,57	75,03	B
13	Plantio	2,47	77,50	B
14	Construção de Aceiros	2,47	79,97	B
15	Fertilizante Super Simples	2,36	82,33	B
16	Retirada da Resíduos	2,32	84,65	B
17	Roçada Manual	2,08	86,73	B
18	Incorporação da Manta	1,91	88,64	B
19	Manutenção de Contornos	1,68	90,32	B
20	Aplicação de Fertilizantes	1,48	91,80	C
21	Manutenção de Caminhos	1,34	93,14	C
22	Eliminação das Brotações	1,10	94,24	C
23	Queima	0,93	95,17	C
24	Replantio	0,85	96,02	C
25	Combate Anual de Formigas	0,68	96,70	C
26	Erradicação Capim Colônião	0,61	97,31	C
27	Sub-solagem	0,60	97,91	C
28	Transporte de Mudas	0,39	98,30	C
29	Fertilizante Cama de Frango	0,32	98,62	C
30	Repasso de Formigas à Pé	0,28	98,90	C
31	Combate Inicial de Formigas	0,18	99,08	C
32	Fertilizante Gesso	0,17	99,25	C
33	Transporte Outros	0,15	99,40	C
34	Transporte de Fertilizantes	0,15	99,55	C
35	Censo de Falhas	0,14	99,69	C
36	Repasso Formiga a Cavalo	0,14	99,83	C
37	Nivelamento	0,12	99,95	C
38	Transporte Fertiliz. Manut.	0,05	100,00	C

Classe	% nº Itens	% Valor
A	26	69
B	24	21
C	50	10
Total em valores absolutos	38 itens	129,34 IGPs

Classificação das Operações de Condução - IGP/ha para ciclo de 7 anos

ORD.	OPERAÇÃO	CUSTO	ACUMULAD	CLASSE
		TOTAL (%)	A (%)	
1	Ronda Mensal Formiga	31,48	31,48	A
2	Fertilizante NK 20:00:20	18,59	50,07	A
3	Formicida	18,41	68,48	A
4	Manutenção de Contornos	7,44	75,92	B
5	Desbrota	6,25	82,14	B
6	Manutenção de Caminhos	5,95	88,12	B
7	Fertilizante FAPS	5,39	93,51	C
8	Combate Anual de Formigas	3,00	96,51	C
9	Adubação	2,83	99,34	C
10	Transporte de Fertilizantes	0,34	99,68	C
11	Repasse Formiga a Cavalo	0,32	100,00	C

Classe	% nº Itens	% Valor
A	27,27	68,48
B	27,27	19,64
C	45,45	11,88
Total em valores absolutos	11 itens	29,17 IGPs

Anexo 3

Distribuições ajustadas aos fatores de produção da operações classe A

OPERAÇÕES	Fatores de Produção	nº de amostras	DISTRIBUIÇÃO NORMAL			DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL		
			Média	Desvio Padrão	Nível de Significância (KS)	Média	Desvio Padrão	Nível de Significância (KS)
1. Rabaixamento de Cepas	MSP	29	8,8321	2,2985	0,99893	2,145270	0,260447	0,999081
					0,145257			0,144386
2. Coroamento + Roçada	M.O.t	18	43,3050	9,1524	0,99999	3,74700446	0,20684999	1,00000
					0,13501			0,10785
3. Reforma da Rede Viária	T.E.p.	26	17,6300	6,4558	0,9996	2,77691892	0,48675547	0,12159
					0,1448			0,23084
	M.N.p	19	13,7300	7,1836	0,3042	2,51735145	0,43525329	0,99992
					0,22295			0,15532
	C.F.t	17	15,8482	6,4458	1,00000	2,66719391	0,47040525	1,00000
					0,09716			0,12706
	P.P.p	21	8,5214	3,6452	0,99932	2,05121549	0,43531070	0,99981
					0,16632			0,15438
	P.C.p	13	4,7346	2,2829	0,99999	1,44770712	0,47030279	1,00000
					0,17127			0,11164
4. Realinhamento + Adubação Base	T.E.p	24	2,0170	0,3131	0,42425	0,69106979	0,14285255	0,99968
					0,17915			0,14873
5. Ronda Mensal Formiga	M.O.p	33	0,8364	0,4644	0,0398231	-0,281727	0,418584	0,170164
					0,243598			0,1932
8. Roçada da Vegetação	M.O.t	19	36,5055	14,5070	0,99984	3,51725816	0,41636184	0,413969
					0,16086			0,20300
9. Irrigação	M.O.t	22	5,1686	0,5972	1,00000	1,63626769	0,11265969	1,00000
					0,10435			0,00972
	P.L.p	25	1,4756	0,3566	0,47459	0,36295109	0,22502698	0,99952
					0,16878			0,14929
	V.P.p	13	2,1261	1,9886	0,15571	0,50595334	0,63187950	0,999248
					0,31331			0,21288

Custo dos Fatores de Produção

DENOMINAÇÃO	CUSTO (Segundo uma distr. Log-normal)		
	nº amostras	Média	Desvio Padrão
Carregador Florestal Próprio	33	0,022561	0,332065
Carregador Florestal Terceiros	32	-0,000335	0,238342
Carro Pipa próprio	-	-	-
Carro Pipa terceiros	-	1,566	-
Mão-de-obra próprio	33	0,003907	0,280416
Mão-de-obra terceiros	33	0,006416	0,176145
Moto-niveladora própria	33	0,018550	0,388661
Moto-niveladora terceiros	2	-0,183950	0,260145
Moto-serra próprio	33	0,011065	0,364485
Moto-serra terceiros	33	-0,003238	0,115334
Pá carregadeira própria	33	-0,000626	0,570644
Pá carregadeira terceiros	11	0,072918	0,347879
Trator de Pneu Leve próprio	33	0,012045	0,301485
Trator de Pneu Leve terceiros	16	-0,001772	0,118091
Trator de Pneu Pesado próprio	33	0,023287	0,468384
Trator de Pneu Pesado terceiros	6	-0,005567	0,084046
Trator de Esteira próprio	33	-0,000198	0,638602
Trator de Esteira terceiros	18	0,017429	0,179577
Veículo Pesado próprio	33	-0,006736	0,397699
Veículo Pesado terceiros	33	-0,003054	0,179665

Custo de Insumos

DENOMINAÇÃO	CUSTO (Segundo uma distr. Log-normal)		
	nº amostras	Média	Desvio Padrão
Esterco	-	2,5806/ton	-
FAPS	-	10,4839/ton	-
Formicida	-	68,6000/ton	-
Fungicida	-	-	-
Gesso	-	1,9851/ton	-
Herbicida	-	-	-
Inseticida	-	-	-
Mudas	-	3,7000/mil	-
NK 20-00-20	24	-0,019986	0,130285
Super Simples	24	-0,010797	0,210013

Preço da Floresta

	CUSTO (Segundo uma distr. Log-normal)		
DENOMINAÇÃO	nº amostras	Média	Desvio Padrão
Madeira em Pé	115	0,003533	0,124835

Custo Administrativo

	CUSTO (Segundo uma distr. Log-normal)		
DENOMINAÇÃO	nº amostras	Média	Desvio Padrão
Atividades Administrativas	24	0,0155814	0,279833

Anexo 4

Resultados da Simulação do Fluxo de Caixa da
Reforma do Projeto C1

NOB	VPL6	VPL7		
1	-7011.72	215494.75	52	-164702.22 16916.98
2	483715.06	1284500.75	53	-176375.75 -296.94
3	-47385.89	60404.28	54	-93568.08 66836.33
4	-82712.34	174583.44	55	-103268.23 110078.78
5	-176828.19	8033.41	56	-171221.89 -31227.80
6	-26831.55	79425.99	57	-223518.73 -64130.94
7	70229.70	301501.72	58	-247630.75 -85922.66
8	114808.06	245498.92	59	-167676.84 -11375.31
9	-123181.73	6520.44	60	-157549.69 -703.73
10	-52376.73	130975.46	61	-119189.47 31024.78
11	-75359.66	69730.62	62	43026.52 231461.69
12	-79565.67	97837.03	63	29696.86 254443.02
13	-272986.00	-96411.73	64	31740.64 269902.84
14	46066.44	562520.69	65	-100379.69 11988.66
15	-157345.13	31959.50	66	54532.13 261948.55
16	-178716.08	9443.68	67	-159356.53 3314.38
17	-142374.63	-14708.85	68	-5442.75 157195.91
18	-247698.31	-83850.73	69	-164469.16 -1105.14
19	-44870.19	106341.89	70	-180925.56 -41589.89
20	-90024.99	84005.96	71	190107.36 145022.58
21	-180889.86	-23693.94	72	-239486.56 -81968.35
22	-213940.03	-56307.99	73	-120265.73 26876.72
23	-192823.70	-43006.39	74	-124121.63 40866.81
24	-167198.88	25122.58	75	-148909.80 -4343.59
25	-112294.94	179637.50	76	-32986.61 49150.73
26	-158496.88	-23373.88	77	-218687.27 -40769.55
27	-109841.85	76571.85	78	-208794.41 -44334.02
28	-166724.20	-28223.59	79	-3875.33 289326.72
29	-73178.66	85205.98	80	195335.77 304404.09
30	-243874.45	-88176.16	81	-126640.67 80433.75
31	2312.06	157720.84	82	-174294.77 -7142.38
32	-209511.91	-53726.20	83	-14012.41 82344.48
33	207418.09	871265.19	84	-200756.89 -43575.63
34	-127630.75	60648.85	85	98978.59 37150.77
35	167250.81	362921.03	86	50815.03 282914.81
36	356593.28	1564910.75	87	-114962.51 110204.51
37	-222883.97	-62178.96	88	142000.83 236144.28
38	415855.91	172795.17	89	-150009.28 35863.31
39	-195665.17	-32859.82	90	-160655.61 5972.93
40	-192059.95	-47158.51	91	-170665.63 -15967.01
41	241267.86	500337.41	92	-135336.30 -18204.81
42	-64376.98	169882.94	93	-22683.08 74042.63
43	-163336.66	-18491.06	94	-220394.58 -49814.54
44	-125546.56	40235.03	95	87092.77 322494.72
45	108188.56	302792.63	96	-39840.95 123581.48
46	-56824.50	141976.61	97	-137764.08 98583.46
47	-163355.19	-36723.21	98	-198638.89 -53169.67
48	95850.98	402768.88	99	-168667.98 -64991.39
49	-49802.47	149817.84	100	418152.50 463696.69
50	78946.75	104527.45	101	-182096.52 -17242.27
51	-47311.95	48961.34	102	-181953.94 7381.23
			103	-184296.03 -39441.79
			104	-182560.84 -21998.07

105	-128950.85	73833.75
106	-204051.66	-43954.29
107	5456.58	127819.53
108	-49089.09	105175.85
109	-118681.81	-26871.99
110	135989.89	175620.89
111	128566.38	117381.38
112	-220201.44	-46370.87
113	-105864.39	-17237.22
114	-76421.80	-13734.44
115	-196010.56	-40773.23
116	-201654.86	-36349.54
117	675443.63	1320581.13
118	236714.42	410339.31
119	-177792.86	7871.84
120	-192325.20	-30363.54
121	-134548.80	1521.20
122	-92388.84	36607.74
123	-159239.80	-11784.08
124	-212794.47	-50557.20
125	-200911.84	6807.57
126	-187061.63	-36181.42
127	-155685.92	4372.54
128	-103665.36	17654.43
129	-63483.88	154660.09
130	-132311.70	28311.46
131	-104250.13	60814.32
132	-187672.25	-33000.01
133	-147234.52	29650.55
134	-196401.08	-46014.20
135	-163941.16	77662.71
136	-162149.86	-17256.90
137	-111178.01	55411.61
138	243092.05	704785.06
139	-240124.16	-68293.83
140	-181894.31	-40330.69
141	-82842.23	147545.75
142	-166667.09	-19225.04
143	-209706.06	-52911.17
144	-131298.28	-18251.26
145	-281819.44	-107258.27
146	361218.50	452629.47
147	-109572.45	35604.34
148	-195031.97	-12265.08
149	-139426.83	203608.19
150	-162803.75	-26690.39
151	-216770.50	-47259.76
152	-144968.00	-207.54
153	188878.16	267919.63
154	-161480.05	-14696.73
155	33182.73	342424.94
156	50740.23	159672.00
157	25011.56	201007.05

158	-134020.36	16848.84
159	-78433.64	40484.00
160	-207665.16	-14497.09
161	44063.88	317267.59
162	-73427.56	89088.11
163	-66329.72	-6099.13
164	91705.34	172980.31
165	-56756.02	390502.31
166	48225.27	438792.94
167	34570.92	139268.22
168	-11082.00	239602.42
169	-87960.45	43758.32
170	-214971.19	-46683.92
171	-201725.92	-27715.24
172	-240838.94	-69904.12
173	-166427.97	-23952.66
174	-155229.22	5853.80
175	10470.34	20311.20
176	-171408.25	-3034.51
177	-54274.31	57586.68
178	-151547.78	29781.72
179	-196419.19	-39348.22
180	-235079.38	-69652.91
181	-155330.05	-1070.47
182	-118400.66	16318.16
183	-100077.73	188247.58
184	-75688.16	163186.27
185	-130374.05	191809.31
186	-55929.58	79234.98
187	-116197.53	12827.87
188	-37683.45	132559.63
189	-112580.07	125501.23
190	-131598.50	-20755.02
191	-111977.52	45595.14
192	-234980.53	-75816.26
193	-106341.96	-26488.29
194	-55189.98	54224.05
195	284445.00	420245.28
196	-189939.16	-37236.66
197	-99522.27	105982.81
198	-61880.66	64097.78
199	-177849.19	-22574.20
200	-141234.64	8016.30
201	-163686.08	26780.11
202	185579.45	490707.47
203	-122165.66	100313.11
204	125342.30	217038.05
205	139867.09	246872.22
206	-24276.86	47421.51
207	-142583.67	-12773.23
208	-201162.98	-32698.07
209	-108742.84	103489.40
210	-94264.02	48428.18

211	-39126.11	35953.40	264	-7888.95	540809.69
212	-167121.39	12383.11	265	-225841.39	-73307.76
213	-63164.16	170982.13	266	-172845.19	-21800.52
214	-111567.29	-17364.15	267	-244962.91	-72760.36
215	-144821.06	53246.03	268	-175927.67	-73625.68
216	-152872.16	15482.96	269	32623.73	241192.44
217	-179231.13	-24411.68	270	-56638.66	35759.95
218	-179146.59	13047.73	271	205598.67	275686.53
219	-248365.52	-79613.95	272	-184358.25	-24830.13
220	-8510.34	124187.73	273	-166580.66	-18114.20
221	-111415.45	19094.86	274	-95831.99	77307.80
222	-93056.69	128828.32	275	-116796.30	32168.91
223	-132224.09	38437.93	276	-204096.17	64651.23
224	-238460.47	-80981.80	277	44096.89	469606.03
225	-174474.91	-16137.77	278	-152702.34	10857.24
226	-30984.88	73121.84	279	-162859.22	-60183.93
227	136824.53	286280.31	280	-137727.34	-244.48
228	-159515.52	-20828.21	281	365001.19	498795.00
229	-243304.19	-82496.21	282	128021.75	412969.75
230	-171132.56	-16748.30	283	441436.50	558206.81
231	-37747.31	31884.02	284	-219192.81	-68188.55
232	-56641.02	10420.89	285	74235.28	271114.38
233	-131007.00	4075.51	286	-186551.25	-4906.68
234	-157665.00	29378.42	287	-91468.67	190068.48
235	-154677.47	31155.32	288	-196818.03	-21682.52
236	-43625.39	123754.99	289	-134461.22	52384.39
237	-205662.11	-51449.90	290	-185676.91	-25386.37
238	1611.36	211023.64	291	-113159.05	53855.65
239	365288.50	400890.72	292	-117688.65	67190.47
240	-186001.52	-42224.83	293	-175642.58	776.63
241	-195705.59	-36307.98	294	-162785.19	24922.84
242	-29279.66	227046.06	295	-166763.59	3902.60
243	1716.84	72193.27	296	-147578.47	66773.04
244	-173290.94	-20530.51	297	-209322.22	-4778.99
245	20996.69	227069.47	298	-156483.64	3856.30
246	117361.55	187080.66	299	-239808.91	-58938.54
247	25547.63	291192.19	300	-135217.41	21760.68
248	-147804.92	13109.77	301	285.13	143352.81
249	250654.83	783971.31	302	-146216.34	46663.61
250	-140195.28	21214.12	303	-214703.45	-57598.29
251	-1978.28	173683.22	304	-203895.72	-48883.04
252	-236448.09	-72571.01	305	-209710.72	-51079.83
253	-181101.06	-19997.19	306	-169360.98	-23738.20
254	-298212.28	-118802.13	307	-199670.30	-39292.02
255	-212611.31	-70626.12	308	-150281.84	13005.74
256	-168199.20	-32946.23	309	104070.89	514011.78
257	-54542.97	157706.19	310	-180982.64	-44983.71
258	-194248.72	-25245.88	311	-183896.70	-37347.09
259	-138272.09	102960.73	312	113308.80	327930.91
260	-192893.88	-35727.37	313	-195318.89	-36776.38
261	-150579.73	21028.22	314	121742.94	168058.70
262	-139731.45	-965.99	315	-46342.55	203966.23
263	-217540.80	-44052.06	316	-213187.89	-45867.37

317	117535.86	304102.66	370	-211822.97	-14974.43
318	-149558.92	-29871.88	371	-151418.41	3019.74
319	153467.91	167240.28	372	-197547.81	-50088.54
320	-153369.09	10789.57	373	150744.94	259719.91
321	-115056.66	100781.91	374	-230910.02	-67562.28
322	-144040.45	-5084.97	375	-152983.53	-17671.24
323	467961.50	440442.25	376	-149867.88	-7972.46
324	-161896.70	-1393.10	377	-228686.16	-72252.65
325	31688.81	330019.13	378	-165612.09	-12125.34
326	-77691.81	143259.34	379	-20806.08	211137.72
327	-60700.91	100481.70	380	-166111.84	-17785.44
328	-87680.65	39563.89	381	29243.03	407212.44
329	-167137.30	11951.36	382	-184030.91	-27000.89
330	-33338.97	166769.81	383	-163005.89	1979.97
331	-210850.67	-18778.00	384	-161936.95	11639.05
332	-239217.78	-67447.47	385	-133483.27	101782.59
333	-211670.13	-60537.73	386	-55556.41	24550.89
334	255825.97	432236.94	387	-150546.56	18627.12
335	-111162.95	15826.34	388	5317.48	28193.31
336	-156058.47	9344.99	389	-212364.45	-28514.86
337	-102272.36	44374.29	390	-175480.66	-34974.26
338	-118953.38	52430.13	391	-92125.23	24505.54
339	-127448.54	29094.55	392	-126011.01	73926.56
340	460136.94	287019.59	393	29045.83	165511.98
341	-184269.92	14175.82	394	-71865.84	66691.13
342	12130.88	215988.61	395	-134782.09	54603.76
343	-119533.63	34363.50	396	27628.02	295785.19
344	-111194.71	61378.13	397	1271607.75	1176287.75
345	-125622.47	5226.73	398	-165508.05	-18231.71
346	-67438.95	232039.14	399	-126468.22	156999.22
347	-137499.09	79838.32	400	-158306.16	-3690.34
348	-64802.48	144259.14	401	-169826.78	22788.94
349	-74131.32	189422.53	402	-190385.84	-35620.16
350	-205545.39	-56231.04	403	-102900.45	14764.91
351	-204947.66	84769.88	404	-158313.56	19696.50
352	-241683.95	-82401.41	405	-144338.77	-5663.26
353	-150303.48	9697.54	406	-170836.61	1343.20
354	-9207.89	283906.41	407	-115619.93	49942.33
355	-209620.03	-36001.59	408	-88904.76	191041.41
356	21782.83	54626.84	409	-129717.30	-19235.27
357	-199003.00	-39826.71	410	-125181.81	78633.00
358	-187761.86	-30962.72	411	140737.13	343753.34
359	-103523.72	83987.12	412	-186103.66	-32744.74
360	645312.19	1260302.75	413	-161381.13	-1818.43
361	-202314.98	-44584.00	414	8755.53	99616.55
362	-151906.72	-15500.38	415	30013.67	407812.59
363	-150408.25	43580.96	416	-79380.48	33151.82
364	-187985.88	-42169.11	417	-191813.06	-39779.58
365	-180047.75	26264.00	418	-224492.94	-58787.55
366	-71895.47	54395.98	419	-185798.27	-36123.05
367	-174322.75	-8658.74	420	105836.78	218303.69
368	-162728.59	-7894.62	421	-145377.73	1324.08
369	-167444.39	-41912.22	422	-177084.64	-41299.39

423	-73069.09	250610.38
424	21728.64	248512.16
425	-59490.92	203129.19
426	-133813.75	122866.98
427	6434.67	72187.55
428	-70107.92	147635.66
429	-142706.38	79228.66
430	-112873.71	129031.73
431	-159562.83	14855.20
432	-153508.97	-16398.22
433	664536.00	654307.63
434	-175306.83	26679.93
435	-229203.47	-63897.98
436	-156297.34	-602.02
437	203153.59	42815.36
438	-216887.00	-52079.12
439	1056182.88	1952738.50
440	-214089.42	-35463.27
441	-84593.95	161383.19
442	-88006.34	110827.83
443	-201655.97	-47176.15
444	14682.86	246273.16
445	-181685.72	-34972.85
446	156482.22	553314.63
447	221899.34	379027.69
448	-84790.00	135459.97
449	-116148.92	-14136.37
450	-152535.64	-11845.72
451	72843.09	78865.81
452	62638.45	215356.50
453	-197697.05	-44745.29
454	-135782.38	54400.42
455	-137574.95	46407.38
456	-220238.41	-68156.81
457	-192469.09	-37904.13
458	-173390.14	-286.63
459	308252.41	396262.50
460	-6608.92	106347.77
461	-203761.55	-49755.16
462	-101883.63	-19408.04
463	-137185.13	6800.13
464	-212892.14	-48158.80
465	-8503.55	124524.49
466	-117811.72	95060.48
467	87254.55	732251.56
468	-103315.80	53289.66
469	-94873.93	14314.44
470	-172382.52	-12433.15
471	-199251.42	-33337.11
472	-132773.38	26579.57
473	-97639.03	122889.64
474	-168047.56	-31573.99
475	-99520.75	44907.71

476	-43973.48	-8538.74
477	-79283.65	156485.58
478	-28389.39	217915.52
479	-144942.08	9352.66
480	471622.06	1044214.81
481	-165491.47	-141.66
482	387188.31	743196.81
483	-181748.08	-24764.38
484	-126509.04	19493.32
485	-185246.06	-45887.72
486	-42444.42	364060.16
487	-40809.81	98003.39
488	-125337.08	17141.18
489	-174188.66	-32451.99
490	-133605.72	42686.21
491	-163430.44	1574.94
492	-259743.25	-101663.68
493	73583.41	110217.13
494	56563.34	284702.81
495	-80568.98	34809.27
496	-145932.58	22566.02
497	-245424.72	-86527.03
498	-145875.34	-5784.06
499	210894.30	108019.94
500	-171103.78	963.84
501	-153830.59	-6936.90
502	-164482.16	-29358.55
503	-151566.06	27693.36
504	171512.41	366842.34
505	331396.84	1045631.94
506	-185492.78	-30016.11
507	14233.73	179016.92
508	-150433.88	12926.65
509	-168299.86	-3617.86
510	-172957.63	-29993.30
511	-162616.66	-33914.77
512	-28017.94	143958.23
513	-134881.47	-1255.27
514	131029.16	256405.28
515	-133103.55	5449.92
516	-91225.41	302803.03
517	-122404.12	40228.48
518	-178070.70	16322.15
519	155057.55	129638.17
520	-170206.19	-19007.55
521	-161239.36	-11162.25
522	3164.36	160431.53
523	-54074.45	88842.37
524	-138803.88	5655.30
525	-158607.97	-12857.39
526	-133243.91	-3263.31
527	-196482.25	-2766.43
528	-165005.30	45887.64

529	-79775.48	34810.80
530	424277.53	342951.63
531	-173027.34	-12273.51
532	-51601.17	115293.88
533	139769.36	189607.19
534	-137093.44	56594.54
535	-117642.81	92527.12
536	-72216.11	43493.65
537	-23850.33	139875.73
538	-113011.62	111702.58
539	-73554.56	109374.29
540	-243032.92	-108193.99
541	-120576.98	34605.71
542	-162101.28	-14358.23
543	306631.72	301994.81
544	-138486.48	96397.06
545	-199371.97	-35176.17
546	-170218.19	10812.25
547	-95321.72	87868.09
548	-159560.39	-3796.89
549	-11083.47	49553.19
550	1112067.25	1275377.50
551	-139852.02	-17478.20
552	-270331.09	-99231.06
553	-230546.72	-64416.09
554	-134501.34	62264.44
555	-202839.28	-4712.80
556	-58579.11	114176.34
557	-104875.50	39443.63
558	-204212.83	-52142.66
559	82115.38	268209.72
560	-126247.16	21456.03
561	778732.00	1054174.38
562	-142051.19	-20739.36
563	-204234.20	-35380.75
564	-111531.70	21369.66
565	-174964.70	-561.11
566	-91484.42	38376.75
567	-34339.72	88113.54
568	-142796.53	-6418.32
569	-196279.19	-68575.16
570	-151680.72	-2213.46
571	937309.06	1013137.31
572	-151902.23	24749.84
573	-130088.56	125627.91
574	-211517.44	-22576.11
575	-16062.47	310002.00
576	-230743.95	-54398.05
577	-236013.06	-21539.55
578	38252.48	290667.06
579	-58411.47	45290.79
580	-118546.96	77620.42
581	73508.08	155890.38

582	-127948.70	-2608.91
583	-153483.59	-7323.45
584	-123546.45	7194.62
585	158066.59	585810.06
586	-179387.66	-21684.07
587	-173780.08	-23377.86
588	-184519.38	-13929.21
589	-165272.27	-8622.69
590	-151955.41	2603.38
591	-186901.86	-27143.26
592	-28912.92	38365.32
593	-106998.75	109045.36
594	21789.53	66132.91
595	-199074.50	-38618.71
596	-211831.06	-45073.10
597	-136653.25	38943.89
598	-145601.63	45870.45
599	-207920.08	-71331.22
600	-181702.41	-28385.12
601	20564.11	137802.09
602	-150373.50	34711.40
603	-203484.88	-46262.43
604	-150759.23	-3517.25
605	113778.08	185531.47
606	-49572.42	129892.19
607	33889.23	219374.38
608	87383.38	455976.50
609	-89479.91	67049.45
610	63519.77	374588.88
611	-210693.05	-49182.08
612	-146608.34	4934.74
613	-64239.98	62820.24
614	-230419.42	-55438.19
615	247324.91	616688.38
616	-83609.90	19973.79
617	-122607.04	41718.79
618	-191362.92	-32458.23
619	-162867.50	-2807.38
620	390207.81	881848.88
621	-10519.09	293222.56
622	-188986.45	-40943.45
623	-264929.41	-76518.31
624	-17987.27	91410.18
625	-77736.92	141366.56
626	-211896.33	-58396.80
627	-227203.83	-51872.38
628	-242025.75	-72300.31
629	-122717.86	54140.94
630	-174004.98	-31717.27
631	-170194.34	-30240.12
632	-83798.41	1938.35
633	308822.75	434544.06
634	-210384.28	-35386.42

635	48002.28	312988.44	688	-198563.34	-38467.39
636	-193000.23	-37397.63	689	-226863.55	-65245.71
637	-99682.54	123851.95	690	56543.25	206845.36
638	-171161.67	-21267.91	691	-156040.59	52041.41
639	315763.94	796899.56	692	-205195.69	11899.38
640	-157318.72	-3171.88	693	-100594.16	39481.96
641	-27451.66	127269.13	694	-58450.42	41305.91
642	-198096.03	461.77	695	-26847.91	112624.65
643	-79512.84	62155.96	696	194827.27	209782.09
644	259987.80	596652.69	697	-204730.13	-50244.63
645	-193069.67	-43951.18	698	72256.27	498419.00
646	-181664.28	-36730.25	699	-178150.84	-7121.63
647	-95204.53	53593.94	700	147725.94	286925.91
648	-55903.84	14466.70	701	-354002.78	-168333.38
649	-116498.78	69923.48	702	-195294.05	-3344.22
650	4482.45	478633.22	703	-190437.19	1151.28
651	-208546.41	-57657.95	704	-170206.66	-25680.93
652	138728.72	214797.75	705	-176809.38	-31887.37
653	-38551.88	32666.82	706	-99307.78	228172.28
654	-188434.28	40717.42	707	-91689.42	77695.83
655	-179599.84	-20847.74	708	-133018.34	-7225.31
656	-74769.64	58276.37	709	889823.75	2400247.50
657	-277074.00	-109753.67	710	-52228.36	168268.41
658	-100631.84	98275.24	711	-197966.78	-66842.81
659	-167178.08	-13578.91	712	-19100.34	402108.28
660	74339.50	235443.88	713	-8273.30	220032.28
661	-181470.19	24209.20	714	-131747.31	34350.03
662	-52873.56	10147.97	715	187963.20	150762.98
663	202735.86	328206.94	716	-59843.72	381975.72
664	-167587.59	-13216.92	717	-131405.97	45271.58
665	-210578.63	22949.04	718	-147006.23	51493.42
666	293426.50	608025.94	719	-127346.15	66725.45
667	-118330.20	56520.58	720	166503.89	572197.50
668	-30752.58	207718.81	721	12092.06	232862.33
669	-139978.58	-14376.39	722	-204375.55	-56217.19
670	-202930.28	-28597.61	723	-180544.69	-25942.40
671	-73056.28	85602.74	724	-103732.83	200688.38
672	225886.50	400802.81	725	107282.36	791398.63
673	224437.20	382219.00	726	13104.59	68675.98
674	-72591.34	46994.01	727	-79056.13	118786.02
675	40156.09	192272.22	728	-97365.20	62665.79
676	-28001.33	62682.46	729	-169530.94	-12963.50
677	447266.59	203361.14	730	15226.27	384520.09
678	-107141.02	62529.52	731	-179621.59	-21286.76
679	-27270.55	20681.56	732	-117532.94	61896.42
680	-233029.72	-34901.79	733	517132.50	516664.81
681	54978.63	268311.28	734	-169252.92	-32145.87
682	-230631.06	-58242.84	735	-91247.98	88982.52
683	-119963.43	-1355.01	736	-213873.80	-58563.18
684	-165979.98	-11420.59	737	-188319.03	-17503.06
685	424336.63	564060.88	738	-186588.20	-31674.85
686	-264474.00	-81061.02	739	-199424.80	-46457.95
687	-101952.51	35193.45	740	-92764.93	-8349.21

741	-134121.33	17181.42
742	-143654.80	2856.85
743	25142.28	171507.38
744	-98330.91	109231.01
745	-45573.88	54091.54
746	-60140.06	56992.28
747	-188519.63	-31611.14
748	124259.22	303412.69
749	-182113.67	-18917.36
750	-136304.84	1706.67
751	-19681.92	243786.69
752	-190176.31	-41235.09
753	-109401.20	77310.95
754	-160839.86	-7071.50
755	-119258.10	93218.23
756	142205.72	219670.64
757	180553.73	425150.75
758	-24164.50	135346.88
759	-102940.01	80615.31
760	-274585.34	-103918.25
761	489107.66	281426.28
762	-149934.63	-780.34
763	125.72	338609.22
764	101097.20	219904.06
765	72334.92	388926.06
766	-75348.13	55369.65
767	-83792.27	31095.17
768	-47726.78	199109.17
769	-132952.59	42567.18
770	-67795.34	38453.30
771	-217820.94	-55610.37
772	-83120.70	1114.84
773	-159355.81	6471.47
774	-142497.70	222.10
775	-180370.16	-41521.58
776	-196983.42	-7332.06
777	-189353.19	-40279.09
778	-129020.82	4791.41
779	26965.81	179060.36
780	-8610.27	210332.77
781	-418605.25	-153625.56
782	-191312.25	-33713.14
783	-141950.02	24628.45
784	-206009.05	-84810.63
785	-37752.17	122320.80
786	-152640.33	3292.34
787	9458.98	230752.91
788	-142952.91	59123.49
789	-174325.33	6397.42
790	-46784.47	43211.02
791	-25519.95	85676.57
792	-199029.28	-24960.12
793	-201168.16	-43813.48

794	-148415.84	107957.60
795	-168231.11	-26588.18
796	218124.73	304550.50
797	-182545.39	-8599.84
798	-278569.34	-124022.95
799	-167299.11	-5681.38
800	-44121.14	131130.81
801	-195746.44	-46912.19
802	260555.42	550074.13
803	-196562.17	-34618.24
804	-211701.84	-58135.78
805	-137320.66	34105.98
806	800595.13	1044072.81
807	236075.11	303031.06
808	-22630.36	115244.77
809	-68627.05	82978.69
810	-31344.73	73103.72
811	-156090.81	-22889.93
812	-117805.78	97495.00
813	-32601.45	60735.23
814	-165029.63	24727.84
815	66401.98	429441.44
816	279554.91	405944.16
817	638736.25	422591.50
818	-232334.09	-46042.67
819	-191437.25	-34833.77
820	-207973.70	-43678.89
821	45502.67	475567.78
822	-70091.66	417337.81
823	-52338.52	80793.64
824	-48071.08	109828.89
825	-146542.06	-920.94
826	341002.69	676678.13
827	2264.13	159106.64
828	-29576.48	81963.96
829	-201435.78	-60715.22
830	-198857.81	-34267.06
831	183226.88	239596.25
832	-276776.56	-89963.38
833	19513.53	232961.41
834	-24057.41	204652.16
835	-113537.97	184112.81
836	-149535.75	19299.20
837	-85666.94	105560.88
838	-31533.38	144305.47
839	-186716.66	-23489.73
840	-79579.66	172303.19
841	-193377.27	-55023.43
842	-7482.13	151082.28
843	-97178.40	3403.40
844	-168518.28	15450.09
845	-21839.89	107656.84
846	-103318.11	6712.61

847	-200080.92	-37596.88
848	-121512.00	-20705.76
849	-76389.44	110146.22
850	-38492.67	104534.97
851	-225301.92	-67365.09
852	38329.52	251917.30
853	274761.25	748072.44
854	426513.38	408592.03
855	99506.92	246245.53
856	-194207.97	-50837.31
857	-138212.39	-9326.73
858	-163197.56	-11863.83
859	-6432.03	100808.43
860	14831.41	579288.19
861	-102366.20	46572.50
862	-183506.86	31721.99
863	-168548.42	-1710.47
864	-42975.67	192567.59
865	-124419.69	33752.10
866	-108464.57	-1885.31
867	-121614.12	41192.95
868	-198791.44	-48863.54
869	-112926.45	-21308.32
870	-166875.38	4923.19
871	-134343.13	80360.53
872	-68433.75	236640.48
873	-136335.11	-43652.02
874	-217001.47	-30673.68
875	-108383.00	78342.77
876	-231524.70	-70674.66
877	-134342.47	92885.33
878	-191767.44	-51411.05
879	-156613.17	-1474.21
880	-195194.63	-20621.45
881	102337.75	93454.89
882	-100365.23	47398.73
883	-111669.02	15833.92
884	-176346.05	48914.02
885	-189301.13	-35683.71
886	-209334.70	-40137.49
887	-200221.34	-43411.48
888	-204846.66	-47012.98
889	-172618.97	-27726.28
890	-249402.59	-83129.94
891	-142202.97	-1146.74
892	-118109.20	42708.61
893	-119822.55	23315.21
894	-150704.77	12882.54
895	-80503.39	51410.43
896	182666.42	231570.75
897	-198834.34	-48277.13
898	-126696.88	66213.09
899	-149771.39	-1889.60

900	1337021.00	1645159.25
901	-170982.94	23349.97
902	134772.83	598327.38
903	-219409.36	-61623.82
904	-84473.95	-34018.39
905	88649.16	218816.25
906	-142627.16	-8341.94
907	27399.63	61992.16
908	-105435.40	24931.98
909	-90567.21	49672.04
910	-65423.47	74988.01
911	-108149.71	411.22
912	-190384.33	-31315.62
913	-11615.92	73490.29
914	-83386.56	44504.05
915	60418.44	257170.41
916	-168805.28	2682.35
917	-157826.28	27061.61
918	636706.63	903193.38
919	-50590.53	291153.00
920	-124504.97	1972.20
921	54857.09	247966.70
922	234104.64	584914.31
923	-149689.00	13199.35
924	-124711.90	-8415.78
925	-79801.14	63120.94
926	-179524.19	-24182.45
927	-221781.03	-62858.00
928	-9127.27	120129.52
929	-152717.23	-28075.60
930	-200604.45	-44874.42
931	-140966.23	46280.57
932	-130819.20	69155.39
933	-192093.23	-37503.23
934	-189473.27	-33015.60
935	-232021.27	-75853.14
936	-98913.33	160170.09
937	-177365.02	-15153.24
938	-77117.74	124766.25
939	1027454.63	1520900.38
940	-157987.58	-5366.11
941	288663.94	241147.84
942	-13799.52	60200.99
943	14275.02	330981.47
944	-59352.34	29060.70
945	487873.78	917932.00
946	-180592.63	-6632.73
947	76742.84	243270.19
948	-67995.16	77342.25
949	-145738.36	51026.44
950	-119880.70	138710.16
951	-110757.30	106057.28
952	-156009.86	18585.79

953	-224361.34	-68883.63
954	-154209.02	47599.68
955	-152256.45	-15291.29
956	-201610.75	-40454.37
957	450148.16	723109.44
958	-142639.00	-27312.44
959	-219980.13	-55049.23
960	-195462.27	45118.76
961	-106298.13	24765.77
962	-111389.39	43396.35
963	174225.33	635090.75
964	22284.69	93208.70
965	-156316.56	30010.68
966	-47408.44	95440.72
967	-137531.64	-318.51
968	-253800.41	-89351.53
969	-39796.41	126869.58
970	-98138.88	29243.41
971	-177138.56	-6535.04
972	-148748.03	27630.47
973	-113934.84	-25782.32
974	317394.44	407571.16
975	-178247.17	10295.04
976	-184654.56	-8290.18
977	-52263.64	129855.83
978	-85212.74	109649.96
979	-97186.90	109736.54
980	52286.16	146227.50
981	-195389.59	-46511.36
982	-172421.33	-3774.34
983	96834.00	368763.06
984	-113441.45	21756.39
985	-127131.75	24611.64
986	146365.31	391322.19
987	-106873.97	18796.43
988	-17148.44	97230.36
989	-149308.75	4916.40
990	-156208.56	-23635.15
991	-293683.22	-110337.73
992	-100364.89	60634.92
993	-190363.09	-38012.03
994	-137299.69	-937.20
995	-39580.27	27276.29
996	-128030.63	17838.55
997	65819.05	214931.44
998	-161009.92	-1860.93
999	-31305.30	42107.87

**Resultados da Simulação do Fluxo de Caixa da
Condução do Projeto C1**

NOB	VPL6	VPL7			
1	161239.69	344034.41	53	-50159.49	107741.07
2	444170.22	1107027.88	54	57984.04	196120.78
3	73544.16	173567.6	55	-15057.88	176051.34
4	64528.00	280169.56	56	-39389.99	88286.09
5	-46594.42	117119.47	57	-40109.76	96257.00
6	58395.45	161795.2	58	-69299.30	69880.04
7	151829.05	353202.25	59	-46684.01	95817.07
8	177594.31	299775.00	60	-41895.91	101333.88
9	-41346.02	82364.93	61	-25702.63	114810.64
10	31143.20	197371.66	62	126554.51	293661.44
11	16828.81	151899.45	63	79962.30	282111.63
12	26004.77	185246.42	64	108534.45	317100.41
13	-46317.23	98300.43	65	-8031.52	102194.21
14	117171.68	548853.50	66	117426.15	302040.13
15	-23376.28	142900.72	67	-51182.08	98164.13
16	-52073.17	115184.14	68	65216.13	215477.86
17	-33957.19	86565.47	69	-61413.50	89852.06
18	-85658.88	58807.05	70	-37588.06	88026.71
19	45282.91	184664.58	71	257388.59	235739.38
20	12110.60	169114.48	72	-74155.77	64261.81
21	-62395.45	81520.19	73	-38401.34	101520.55
22	-65937.60	74386.84	74	-50572.64	104553.30
23	-27566.02	103323.88	75	-65436.71	72885.17
24	-48068.55	123495.89	76	32322.05	119979.23
25	32249.05	277308.63	77	-67951.23	88624.20
26	-69974.27	60576.06	78	-80559.38	68500.25
27	-12880.35	155558.84	79	53219.51	310059.59
28	-50858.63	78006.41	80	213700.48	323020.56
29	4714.50	152748.03	81	-19051.72	165107.17
30	-69260.10	66229.48	82	-56991.09	94988.09
31	103972.06	243745.33	83	87147.69	179779.27
32	-77655.39	63639.54	84	-81570.30	62610.67
33	252219.25	800560.50	85	162225.81	130472.16
34	-28692.36	141465.02	86	118269.41	322807.53
35	213375.22	388476.13	87	4465.88	200661.42
36	384793.06	1366731.75	88	209909.50	301157.63
37	-79747.25	64281.31	89	-44436.36	123528.46
38	413547.53	237595.56	90	-42235.60	107982.75
39	-60676.88	85761.81	91	-57055.09	86542.48
40	-30950.60	96393.27	92	-8345.67	100738.95
41	284991.31	510134.31	93	42507.67	141842.72
42	19364.30	226782.91	94	-75978.80	75936.46
43	-59182.02	76548.42	95	139402.78	347821.28
44	-15226.46	135119.05	96	49379.82	198454.08
45	142978.61	321174.28	97	19301.28	218835.69
46	35627.38	213047.34	98	-80085.05	55656.21
47	-18100.26	96361.89	99	-14335.36	80268.52
48	160812.28	424436.13	100	412982.59	468108.94
49	52407.02	228611.25	101	-73719.19	78225.71
50	135759.52	176173.16	102	-65726.61	104220.34
51	37678.17	134080.66	103	-64186.96	69257.30
52	-49889.89	113396.36	104	-79063.86	69953.36
			105	-35388.84	146733.98

106	-80279.09	65626.23
107	93536.95	208591.94
108	73034.12	209880.56
109	30845.04	115384.59
110	196143.11	245069.11
111	219420.61	223931.70
112	-70912.37	82292.55
113	-11945.87	78526.29
114	15479.28	84673.65
115	-90552.05	54238.80
116	-71111.83	77988.78
117	591244.38	1130707.13
118	256551.27	416124.97
119	-50051.95	114668.73
120	-69972.91	77658.05
121	-53667.01	77662.03
122	34897.44	151790.80
123	-40298.59	94963.39
124	-82741.53	64250.37
125	-36255.78	141325.94
126	-62786.84	75138.98
127	-46193.27	100284.92
128	-4439.67	111226.34
129	42664.27	233425.78
130	-36580.78	112212.78
131	7582.27	156099.56
132	-58821.94	83017.59
133	-17427.40	139236.16
134	-78152.59	60717.30
135	10005.64	211782.91
136	-59252.33	76625.70
137	-25237.47	129125.09
138	275973.19	663251.75
139	-45430.00	99602.92
140	-66685.69	65013.13
141	36952.06	236610.22
142	-65533.61	72666.42
143	-83001.87	60400.29
144	-21937.63	86748.97
145	-115005.66	38645.43
146	385152.97	473998.75
147	-10660.82	124073.33
148	-66160.53	96982.71
149	21563.15	305705.25
150	-49447.26	77877.66
151	-78172.21	73258.73
152	-60120.53	78125.61
153	238518.25	318780.34
154	-72595.84	67149.10
155	113210.38	377882.28
156	118628.28	224267.30
157	124948.22	280158.94
158	-49135.62	93832.69

159	-8120.21	109508.10
160	-61914.00	107003.12
161	169717.88	397303.34
162	25409.81	173199.34
163	65641.98	125976.72
164	163920.59	245850.78
165	49226.72	423002.47
166	126098.95	455408.44
167	110279.41	212086.58
168	69338.46	291610.94
169	3249.77	128273.20
170	-77902.94	72913.02
171	-74004.98	82139.12
172	-79016.35	71018.47
173	-44106.79	86712.81
174	-46812.84	101109.80
175	98110.44	122703.82
176	-58707.39	94908.05
177	33907.89	142501.22
178	-44754.53	119732.86
179	-17740.08	116569.93
180	-80087.41	66171.46
181	-74716.31	72247.05
182	-17155.61	109504.80
183	-7499.81	242967.81
184	30137.01	237709.75
185	-13444.76	261085.52