



**Alexandre Magno Castañon Guimarães**

**Empresas de Gestão Conservadora: Potencial da Previsão  
de Demanda e Simulação Computacional**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Dr. Madiagne Diallo

Rio de Janeiro  
Setembro de 2008



**Alexandre Magno Castañon Guimarães**

**Empresas de Gestão Conservadora: Potencial da Previsão  
de Demanda e Simulação Computacional**

Dissertação apresentada, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Logística (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Dr. Madiagne Diallo**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Dr. Augusto Cesar de Carvalho Peres**

CENPES – Petrobrás

**Dr. Roberto da Costa Lima**

Instituto de Pesquisas da Marinha - IPqM

**Prof. Dr. Marcus Vinicius Pereira de Souza**

Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora

**Prof. Dr. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de setembro de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador

### **Alexandre Magno Castañon Guimarães**

Graduou-se em Engenharia Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1988. cursou Pós - Graduação no curso de Especialização em Engenharia Econômica e Administração Industrial pela Universidade Federal de Rio de Janeiro em 2000. Trabalha aproximadamente há 20 anos na indústria no segmento de vedação e isolamento térmico. Nos últimos 12 anos tem atuado como gerente de produção com ênfase em Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção.

#### Ficha Catalográfica

Castañon Guimarães, Alexandre Magno

Empresas de gestão conservadora: potencial da previsão de demanda e simulação computacional / Alexandre Magno Castañon Guimarães ; orientador: Madiagne Diallo. – 2008.

100 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Previsão. 3. Séries temporais. 4. Demanda. 5. Simulação. 6. Recursos. 7. Arena. 8. Statgraphics. I. Diallo, Madiagne. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

## **Agradecimentos**

A minha esposa Heloísa e aos meus filhos Isabela e André.

A minha mãe (In Memoriam).

Ao meu orientador Madiagne Diallo.

A minha amiga Ana Maria que me ajudou em todos os momentos.

Aos professores e colegas do mestrado pela ajuda e troca de experiências.

A todos aqueles que de uma maneira direta ou indireta me ajudaram.

## Resumo

Castañon Guimarães, Alexandre Magno; Diallo, Madiagne (Oreintador). **Empresas de Gestão Conservadora: Potencial da Previsão de Demanda e Simulação Computacional.** Rio de Janeiro, 2008. 100p. Dissertação de Mestrado (opção profissional) – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta dissertação tem como objetivo mostrar o potencial da aplicação das ferramentas Previsão de Demanda e Simulação Computacional em uma unidade produtiva com administração de característica familiar, que não adota as modernas técnicas propostas por especialistas para a gestão da cadeia de suprimento. Para isso, foram abordados os conceitos e os aspectos fundamentais, bem como as principais etapas, os benefícios, as limitações e as dificuldades da utilização dessas ferramentas. Além disso, foi proposta uma metodologia que aumentou a precisão da Previsão de Demanda. Com os dados obtidos foi possível analisar o desempenho dos fluxos dos processos simulados, o que permite auxiliar na gestão dos recursos, levando-se em conta principalmente a variabilidade da demanda e as incertezas dos mercados. Nessas análises foram utilizados os softwares Statgraphics Centurion e Arena a fim de elaborar, respectivamente, os modelos de previsão de demanda e de simulação computacional para o estudo de caso proposto.

## Palavras-chave

Previsão, Séries Temporais, Demanda, Simulação, Recursos, Arena, Statgraphics.

## Abstract

Castañon Guimarães, Alexandre Magno. **Conservative Managed Enterprises: Demand Forecast and Computer Simulation Potential.** Rio de Janeiro, 2008. 100p. Dissertação de Mestrado (opção profissional) – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This thesis aims to show the potential of the Demand Forecast and Computer Simulation techniques carried out in a manufacturing plant with family administration feature that does not use the modern techniques proposed by Supply Chain management experts. In order to study the subject; concepts, fundamental principles, important steps, advantages, limitations as well as the difficulties of using those tools were investigated. In addition, a new method was proposed which resulted in the improvement of the demand forecast accuracy. With the forecasted data, it was possible to analyze the performance of the simulated manufacture flows. Such procedures improved the management of resources while the demand variability and the uncertainties of markets were considered. The Statgraphics Centurion and Arena softwares were used in order to developed, respectively, models for Demand Forecast and Computer Simulation for the study proposed.

## Keywords

Forecasting, Time Series, Demand, Simulation, Resources, Arena, Statgraphics.

# Sumário

1	Introdução	11
1.1	Apresentação	11
1.2	Objetivo	12
1.3	Organização do documento	13
2	Fundamentos Teóricos	15
2.1	Previsões de Demanda	15
2.1.1	Modelos de Previsão de Demanda	16
2.1.2	Métodos de Cálculo dos Erros de Previsão de Demanda	28
2.1.3	Software de Previsão de Demanda	29
2.1.4	Aplicação da Previsão de Demanda	30
2.2	Simulação Computacional	31
2.2.1	Alternativas de abordagem	32
2.2.2	Software de Simulação Computacional	34
2.2.3	Aplicação da Simulação	36
3	A Empresa	41
3.1	Áreas de Atuação	41
3.2	Mercados de Atuação	42
3.3	Características Estruturais	42
3.4	Características Operacionais	43
4	Previsão de Demanda	45
4.1	Descrição geral dos Mercados da Unidade Produtiva	45
4.2	Fluxo de informações	46
4.3	Coleta de Dados para Previsão de Demanda	52
4.4	Metodologias Propostas	54
4.4.1	Apresentação da Metodologia para o Mercado A	59
4.4.2	Comparação entre os Métodos I e II	69
4.5	Considerações	
5	Simulação Computacional	71
5.1	Mapeamento do Processo	71
5.2	Coleta de Dados para Simulação	75
5.3	Modelo de Simulação Computacional	75
5.3.1	Mercado A	77
5.3.2	Mercado B	83
5.3.3	Mercado C	85
5.3.4	Mercado D	87
5.3.5	Mercado E	89
5.4	Considerações	91
6	Conclusão	95
7	Referências Bibliográficas	97

## Lista de figuras

Figura 1: Séries temporais	25
Figura 2: Método iterativo apresentado por Box-Jenkins para determinar um modelo ARIMA	27
Figura 3: Modelo apresentado por Law e Kelton para avaliação de um Sistema	33
Figura 4: Base conceitual da simulação apresentado por Pidd	34
Figura 5: Interligação da Flexibilidade e Especialização do Usuário em Simuladores	36
Figura 6: Fluxograma da Metodologia de Simulação	38
Figura 7: Custo acumulado do sistema com e sem simulação	40
Figura 8: Estrutura Organizacional da Fábrica do Estudo de Caso	43
Figura 9: Descrição dos Métodos I e II	53
Figura 10: Demanda Real, Previsão de Demanda e Resíduo – Modelo ARIMA(1,1,1) – Mercado A: Período 1 a 48	56
Figura 11: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado A, Período 1 a 48	58
Figura 12: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado B, Período 1 a 48	62
Figura 13: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado C, Período 1 a 48	65
Figura 14: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado D, Período 1 a 48	66
Figura 15: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado E, Período 1 a 48	69
Figura 16: Fluxograma do processo de fabricação da Placa de Vedação	73
Figura 17: Ilustração das entidades de entrada	77
Figura 18: Ilustração da junção dos kits para a formação da mistura	78
Figura 19: Ilustração da área de reator	79
Figura 20: Ilustração da área de calandra	80
Figura 21: Ilustração da área de acabamento e entrada ao APA	80
Figura 22: Representação ilustrativa da animação para a unidade de Placa de Vedação	81

## Lista de tabelas

Tabela 1: Cálculo da Acurácia da Previsão	29
Tabela 2: Dados da Demanda do Mercado Tipo A	47
Tabela 3: Dados da Demanda do Mercado Tipo B	48
Tabela 4: Dados da Demanda do Mercado Tipo C	49
Tabela 5: Dados da Demanda do Mercado Tipo D	50
Tabela 6: Dados da Demanda do Mercado Tipo E	51
Tabela 7: Estimativa dos Erros MAD e MAPE para a série temporal de 48 períodos do Mercado A	54
Tabela 8: Demanda Real <i>versus</i> Previsão de Demanda para o Período 1 a 48 - Mercado A	55
Tabela 9: Demanda Real <i>versus</i> Previsão de Demanda para o Período 49 - Mercado A	56
Tabela 10; Modelo Ótimo, Estimativa dos Erros MAD e MAPE e Previsão de Demanda para a série temporal do Mercado A em função do Período	57
Tabela 11: Determinação dos pontos atípicos para o Mercado A – Período 1 a 48	58
Tabela 12: Modelo Ótimo, Estimativa dos Erros MAD e MAPE e Previsão de Demanda para a série temporal ajustada do Mercado A em função do Período	59
Tabela 13: Previsão de Demanda para o Mercado A – Métodos I e II	60
Tabela 14: Previsão de Demanda para o Mercado B – Métodos I e II	61
Tabela 15: Estimativa dos Erros MAD e MAPE para a série temporal ajustada de 48 períodos do Mercado B	62
Tabela 16: Previsão de Demanda para o Mercado C – Métodos I e II	64
Tabela 17: Previsão de Demanda para o Mercado D – Métodos I e II	67
Tabela 18: Previsão de Demanda para o Mercado D pelo Método II excluindo a demanda atípica nos períodos 50 e 52	68
Tabela 19: Previsão de Demanda para o Mercado E – Métodos I e II	69
Tabela 20: Desempenho dos recursos para um cenário com 3 reatores e	82

3 calandras – Mercado A	
Tabela 21: Desempenho dos recursos para um cenário com 2 reatores e 2 calandras – Mercado A	83
Tabela 22: Distribuição probabilística dos processos – Mercado B	84
Tabela 23: Desempenho dos recursos para um cenário com 2 reatores e 3 calandras – Mercado B	85
Tabela 24: Distribuição probabilística dos processos – Mercado C	86
Tabela 25: Desempenho dos recursos para um cenário com 1 reator e 2 calandras – Mercado C	87
Tabela 26: Distribuição probabilística dos processos – Mercado D	88
Tabela 27: Desempenho dos recursos para um cenário com 1 reator e 1 calandra – Mercado D	89
Tabela 28: Distribuição probabilística dos processos – Mercado E	90
Tabela 29: Desempenho dos recursos para um cenário com 1 reator e 1 calandra – Mercado E	91
Tabela 30: Tempo de ocupação e quantidade de processos para atender a demanda do período 49	92
Tabela 31: Estrutura proposta para atender a demanda do período 49	93