

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

**UM MODELO DE LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO DE ALGODÃO PARA A  
INDÚSTRIA TÊXTIL DE SANTA CATARINA**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
MESTRE EM ENGENHARIA

CARLOS VIÑOLY DE LEON



0.237.923-7

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS  
SANTA CATARINA  
BRASIL

FEVEREIRO DE 1995

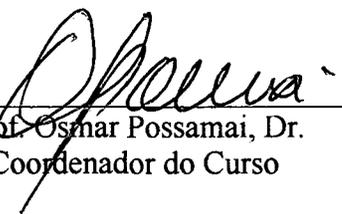
UM MODELO DE LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO DE ALGODÃO PARA A  
INDÚSTRIA TÊXTIL DE SANTA CATARINA

CARLOS VIÑOLY DE LEON

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE :

MESTRE EM ENGENHARIA

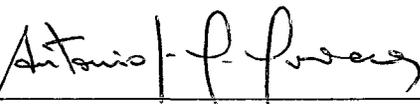
ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.



---

Prof. Osmar Possamai, Dr.  
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA :



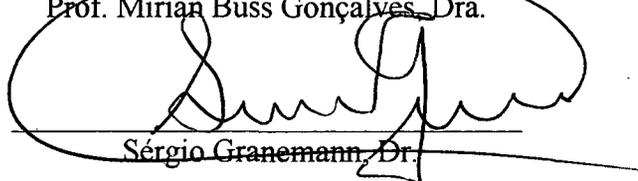
---

Prof. Antônio Galvão Novaes, Dr.  
Orientador



---

Prof. Mirian Buss Gonçalves, Dra.



---

Sérgio Granemann, Dr.

Dedico este trabalho a meus pais :

Rosa Maria De Leon Collazo

e

Brígido Arnoldo Viñoly Romero ( in memorian )

## AGRADECIMENTOS

Manifesto meus mais sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Antônio Galvão Novaes, pela orientação, apoio logístico e compreensão, para a realização deste trabalho.

Aos restantes membros da banca examinadora, à Prof. Mirian Buss Gonçalves, Dra. e a Sérgio Granemann, Dr., pelas suas leituras críticas, idéias, e sugestões para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, especialmente, ao Prof. Neri Dos Santos, Dr.Ing., ao Prof. Edgar A. Lanzer, Ph.D., e ao Prof. Sérgio F. Mayerle, M.Eng..

À Universidade Federal de Santa Catarina, parabenizando-a pelo grau de desenvolvimento do seus programas de Pós-Graduação.

À CAPES pelo auxílio financeiro outorgado durante todo o curso de Pós-Graduação.

À Cia. HERING Têxtil S.A. de Blumenau-SC, que me possibilitou realizar a pesquisa de campo para este trabalho, especialmente ao Diretor de Logística Sr. Carlos Schmidt, e aos Gerentes Sres. Jorge Berka e Ronaldo Loos.

Ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA, Campina Grande-PB, da EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura-MA.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram, me apoiaram e estimularam para a conclusão deste trabalho, especialmente a minhas colegas e amigas as engenheiras : Oneida Barros Bezerra e Maria Teresa Peressoni e ao colega e amigo "el ingeniero" Aram Tcholakian, M.Eng..

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>01</b>
<b>- INTRODUÇÃO -</b>	
I.1. INTRODUÇÃO	01
I.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	02
I.3. METODOLOGIA UTILIZADA	03
I.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	04
I.5. ALGUMAS DEFINIÇÕES ÚTEIS	05
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>06</b>
<b>- INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA -</b>	
II.1. INTRODUÇÃO	06
II.2. INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA	06
II.3. LOGÍSTICA INDUSTRIAL OU EMPRESARIAL	06
II.3.1. ATIVIDADES PRIMÁRIAS	08
II.3.2. ATIVIDADES DE APOIO	10
II.4. LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO	11
II.4.1. ADMINISTRAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA	12
II.4.2. ESTUDO DE CUSTOS NA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA	13
II.4.3. RELACIONAMENTO DA LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO NA EMPRESA	15
II.5. LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO	16
II.5.1. O CANAL DE SUPRIMENTO	17
II.5.2. A ATIVIDADE DE OBTENÇÃO	18
II.5.3. ATENDIMENTO DOS REQUISITOS DE OPERAÇÃO	19
II.5.4. SUPRIMENTO PARA ESTOQUE	20
II.5.5. SUPRIMENTO DIRETO PARA PRODUÇÃO	21

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>01</b>
<b>- INTRODUÇÃO -</b>	
I.1. INTRODUÇÃO	01
I.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	02
I.3. METODOLOGIA UTILIZADA	03
I.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	04
I.5. ALGUMAS DEFINIÇÕES ÚTEIS	05
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>06</b>
<b>- INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA -</b>	
II.1. INTRODUÇÃO	06
II.2. INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA	06
II.3. LOGÍSTICA INDUSTRIAL OU EMPRESARIAL	06
II.3.1. ATIVIDADES PRIMÁRIAS	08
II.3.2. ATIVIDADES DE APOIO	10
II.4. LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO	11
II.4.1. ADMINISTRAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA	12
II.4.2. ESTUDO DE CUSTOS NA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA	13
II.4.3. RELACIONAMENTO DA LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO NA EMPRESA	15
II.5. LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO	16
II.5.1. O CANAL DE SUPRIMENTO	17
II.5.2. A ATIVIDADE DE OBTENÇÃO	18
II.5.3. ATENDIMENTO DOS REQUISITOS DE OPERAÇÃO	19
II.5.4. SUPRIMENTO PARA ESTOQUE	20
II.5.5. SUPRIMENTO DIRETO PARA PRODUÇÃO	21

### **CAPÍTULO III**

**22**

#### **- ESTRATÉGIAS DE SUPRIMENTO DE ALGODÃO NAS INDÚSTRIAS TÊXTEIS CATARINENSES. O ALGODÃO NO BRASIL E NO MUNDO -**

III.1. INTRODUÇÃO	22
III.1.1. PERÍODO ANTERIOR A 1982	23
III.1.2. PERÍODO ENTRE 1982 ATÉ 1992	23
III.1.3. PERÍODO POSTERIOR A 1992	24
III.1.4. EXPERIÊNCIAS NO MERCADO INTERNACIONAL	26
III.2. O ALGODÃO NO BRASIL	29
III.3. O ALGODÃO NO MUNDO	32
III.3.1. PRODUÇÃO DE ALGODÃO NA AMÉRICA DO SUL	34
III.3.2. MERCADO INTERNACIONAL DO ALGODÃO	35
III.3.2.1. ALGUMAS ANÁLISES DO MERCADO INTERNACIONAL DE ALGODÃO	36

### **CAPÍTULO IV**

**39**

#### **- MODELAGEM MATEMÁTICA E METODOLOGIA PROPOSTA -**

IV.1. INTRODUÇÃO	39
IV.2. LITERATURA	39
IV.3. CONCEPÇÃO ADOTADA NESTE TRABALHO	40
IV.4. DEFINIÇÕES INICIAIS	41
IV.5. O MODELO DE IMPORTAÇÃO DE REMESSAS DE ALGODÃO COMO UM PROBLEMA DE FLUXO DINÂMICO	41
IV.5.1. A REDE ESPAÇO-TEMPORAL DO PROBLEMA DE SUPRIMENTO DE ALGODÃO	44
IV.5.2. O ALGORITMO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA	45
IV.5.3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NUMA REDE LOGÍSTICA	47
IV.6. MODELO DE ESTOQUE	49

### **CAPÍTULO V**

**52**

#### **- TESTE DO MODELO COM A METODOLOGIA ESCOLHIDA : UM ESTUDO DE CASO -**

V.1. INTRODUÇÃO	52
-----------------	----

V.2. IMPLEMENTAÇÃO DA REDE LOGÍSTICA	52
V.3. IMPLEMENTAÇÃO DA REDE ESPAÇO-TEMPORAL	53
V.4. EXPOSIÇÃO E ANÁLISE DOS CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROBLEMA	54
V.4.1. CUSTOS DA MATÉRIA-PRIMA	54
V.4.2. CUSTOS PORTUÁRIOS	55
V.4.3. CUSTOS DO TRANSPORTE DOMÉSTICO DE CARGAS NOS ESTADOS UNIDOS	56
V.4.4. CUSTOS DO TRANSPORTE MARÍTIMO	57
V.4.5. CUSTOS DO TRANSPORTE DOMÉSTICO DE CARGAS NO BRASIL	57
V.4.6. CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE ESTOQUE EM FÁBRICA	58
V.5. EXPOSIÇÃO DOS TEMPOS RELACIONADOS AO PROBLEMA	59
V.6. DETERMINAÇÃO DA REMESSA LOGÍSTICA ÓTIMA	60

---

**CAPÍTULO VI** **67**  
**- CONCLUSÕES E SUGESTÕES -**

VI.1. CONCLUSÕES	67
VI.2. SUGESTÕES	68

---

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** **69**

---

**APÊNDICE A** **72**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1. Evolução da Logística nas duas últimas décadas.	3
Figura 2. Relações entre Logística, Administração de Materiais e Distribuição.	7
Figura 3. Relação entre as três atividades logísticas primárias para atender clientes, o "ciclo crítico".	9
Figura 4. Compensação de custos para determinação do número total de depósitos a operar num sistema de distribuição.	14
Figura 5. Variação do preço do algodão em pluma no mercado internacional em centavos de dólar americano por libra.	25
Figura 6. Produção de algodão arbóreo e herbáceo (em caroço) em toneladas no Brasil, período 1972-1991.	30
Figura 7. Participação percentual por regiões na produção brasileira de algodão (em caroço) para o anos de 1963, 1990 e 1991.	31
Figura 8. Detalhe de nós com funções múltiplas, na construção de uma rede.	42
Figura 9. Representação gráfica parcial da rede espaço-temporal, correspondente à rede logística mostrada na Figura 10.	43
Figura 10. Rede logística representativa (modelagem logística). Grafo composto por 9 nós e 20 arcos.	47
Figura 11. Diagrama de blocos que descreve a metodologia de trabalho proposta.	49
Figura 12. Situação do estoque em relação ao tempo, supondo taxa de consumo do material constante.	51

## LISTA DE QUADROS

QUADRO	Pág.
Quadro 1. Comparativo de alguns tópicos entre Logística de Suprimento e Logística de Distribuição.	01
Quadro 2. Produção sulamericana de algodão em milhares de toneladas.	27
Quadro 3. Ranking mundial de produção de algodão (para dez países seleccionados em 1963)	28
Quadro 4. Ranking mundial de exportações de algodão por países // 1968-1992.	28
Quadro 5. Produção de algodão em caroço em toneladas, por regiões // 1963-1991.	32
Quadro 6. Os dez países maiores produtores de algodão no mundo em 1991, (quantidades expressas em milhares de toneladas).	33
Quadro 7. Produção mundial de algodão por continentes em milhares de toneladas para o período [1963-1991].	34
Quadro 8. Ranking mundial de produção de algodão por continentes // 1963-1991.	34
Quadro 9. Ranking sulamericano de produção de algodão por países // 1963-1991.	35
Quadro 10. Exportações mundiais de algodão em toneladas por países // 1968-1992.	35
Quadro 11. Importações mundiais de algodão em toneladas por países // 1968-1992.	36
Quadro 12. Ranking mundial de importações de algodão por países // 1968-1992.	37
Quadro 13. Custos e modos de transporte do algodão americano para exportação.	56

Quadro 14. Distâncias e valores de fretes de carga containerizada, para os pares O/D de interesse.	58
Quadro 15. Programação de viagens da companhia marítima selecionada na rota de interesse.	63
Quadro 16. Matriz O/D de distâncias euclidianas. Tempos de viagem, e custos de fretes rodoviários nos Estados Unidos.	64
Quadro 17. Alternativas de rotas possíveis com seus respectivos custos para realizar o transporte do algodão.	64
Quadro 18. Custos totais das diferentes alternativas possíveis de roteamento apresentadas no Quadro 21.	65
Quadro 19. Diferentes alternativas para decidir : Lote ótimo, rota mais custosa compatível "versus" Lote não ótimo, rota mais econômica.	65

## **ABREVIACÕES.**

A seguir apresentam-se as abreviações utilizadas nas Figuras e Quadros integrantes deste trabalho :

USA : Estados Unidos da América; URS : antiga União Soviética; CHI : China; IND : Índia; MEX : México; BRA : Brasil; EGI : Egípto; PAK : Paquistão; TUR : Turquia; ARG : Argentina; PAR : Paraguai; PER : Perú; COL : Colômbia; VEN : Venezuela; EQU : Equador; JAP : Japão; ALE : Alemanha; FRA : França; ITA : Itália; HKO : Hong Kong; RKO : República da Coreia; POR : Portugal; TAI : Tailândia; INO : Indonésia;

NE : Nordeste; SE : Sudeste; S : Sul; CO : Centro-Oeste; N : Norte;

AA : Ásia; AN : América do Norte; AS : América do Sul; UR : antiga U.R.S.S.; EU : Europa; AF : África; OC : Oceania.

## RESUMO

Esta dissertação apresenta um modelo de Logística de Suprimento destinado a apoiar às indústrias têxteis brasileiras, no processo de transporte de algodão em fardos desde as fontes de produção, até as fábricas localizadas no estado de Santa Catarina.

A dissertação começa com uma introdução à Logística, enfatizando os aspectos estratégicos, mais importantes do que os econômicos, do canal de Suprimento dentro da Logística Industrial ou Empresarial.

A seguir, os procedimentos atualmente adotados pelas indústrias têxteis de Santa Catarina para comprar algodão são descritos e analisados.

Prossegue-se logo, com a apresentação de dados estatísticos de produção, exportações e importações de algodão, no Brasil e no mundo.

**É proposto um modelo matemático para otimizar o percurso desta matéria-prima através da rede logística, com janelas de tempo. O modelo lida com um grafo espaço-tempo, no qual é aplicado o algoritmo de Dijkstra.**

Para concluir, o modelo é aplicado a um caso ligado à rede logística entre os Estados Unidos e o Brasil. O modelo pode facilmente ser estendido a outras situações no mundo.

## ABSTRACT

This dissertation presents a supply logistics model intended to aid the textile industries of Brazil in the process of hauling raw cotton in bales from the production sources, to the plants located in Santa Catarina, south of Brazil.

The dissertation begins with an introduction to Logistics, emphasizing the strategic aspects, more important than economics ones, of the supply channel in Industrial Logistics.

Then, it is described and analyzed the procedures presently adopted by the textile industries of Santa Catarina when purchasing raw cotton.

Statistical data, for the last thirty years, on raw cotton production, exports and imports is presented next, both for Brazil and for the world.

**We propose a mathematical model to optimize the routing of the raw material along the logistics network, with time windows. The model deals with a space-time graph, to which the Dijkstra algorithm is applied.**

To conclude, the model is applied to a case involving the logistics network from U.S. to Brazil. The model can be easily extended to other situations in the world.

# CAPÍTULO I

## - INTRODUÇÃO -

### I.1. INTRODUÇÃO.

Em 1994 com a idéia de aproximar mais a Universidade Federal de Santa Catarina das empresas catarinenses, por iniciativa do Prof. Antônio G. Novaes, orientador deste trabalho, realizou-se uma visita à empresa HERING Têxtil S.A., em sua matriz, localizada na cidade de Blumenau-SC. O objetivo desta visita foi conhecer a área de Logística da empresa, detectar e sentir problemas que afetassem a mesma. Em outras palavras visitou-se a empresa com o objetivo de se realizar um diagnóstico inicial do seu sistema logístico.

Assim, foram detectados alguns problemas no sistema logístico, que poderiam servir como tema para desenvolver uma dissertação de mestrado.

Optou-se então, por desenvolver um trabalho na área de Logística, mais precisamente na área denominada Logística Industrial ou Empresarial, dando ênfase ao canal de Suprimento.

Trabalhos relacionados à Logística de Suprimento ou Suprimento Físico, nas indústrias, tem um desenvolvimento posterior aos trabalhos relacionados à Logística de Distribuição ou Distribuição Física. Isto deve-se ao fato que a Logística de Distribuição tem um impacto econômico muito maior para as empresas, na maior parte das atividades. Neste sentido, a Logística Industrial preocupou-se inicialmente com o canal de distribuição, que era muito mais custoso para a empresa do que o canal de suprimento físico. Outra característica correlativa é que o canal de distribuição em geral atende muitos clientes, e isto afeta fortemente o binômio logístico : *espaço-tempo*, enquanto que em geral o canal de suprimento lida com poucos fornecedores. Portanto a Logística de Suprimento é caracterizada, principalmente por seus aspectos estratégicos que têm relativamente maior importância do que seus impactos econômicos para a empresa, (ver Quadro 1).

<b>Tópico</b>	<b>Logística de Suprimento</b>	<b>Logística de Distribuição</b>
Impacto econômico	3 a 7 % das vendas	20 a 30 % das vendas
Aspectos estratégicos	muito importantes	importantes
Desenvolvimento	posterior	inicial
Importância para a empresa	mais estratégica	mais econômica

Quadro 1. Comparativo de alguns tópicos entre Logística de Suprimento e Logística de Distribuição. Fonte : Elaboração pessoal.

Decidiu-se então, estudar o suprimento de algodão para as indústrias têxteis de Santa Catarina, com o objetivo de minimizar os custos para estas empresas. Isto pode ser alcançado, mediante uma melhor utilização dos recursos disponíveis, para transportar e manter estoques de algodão na fábrica.

A empresa pesquisada movimentava anualmente em média 8.400 toneladas de algodão. Isto traduzido em valores monetários equivale a aproximadamente US\$ 11.500.000,00 por ano, valor da matéria-prima na fonte. Pode-se deduzir então, que os valores adicionados pelas operações logísticas de transporte e de estocagem, representam custos importantes para a empresa. Portanto estas operações devem ser planejadas e gerenciadas pelo seu Departamento de Logística. Com a apresentação destes números introdutórios, vislumbra-se a importância do presente trabalho, assim como, a importância da Logística para as empresas.

O algodão, é a matéria-prima básica para as indústrias têxteis, que realizam o ciclo completo, ou seja, *transformam o algodão em fios* de algodão (**fiação**); *transformam esses fios em malhas* de algodão (**tecelagem**); *confeccionam* (**confeção**) e *comercializam* (**comercialização**) peças de vestuário de algodão.

## **I.2. OBJETIVOS DO TRABALHO.**

Esta dissertação tem como objetivo principal desenvolver um modelo de Logística de Suprimento para apoiar as atividades, e as decisões necessárias ao setor de Logística das indústrias têxteis. Estas decisões envolvem principalmente, a obtenção, o transporte e a estocagem do algodão em pluma, matéria-prima básica, a custos logísticos mínimos, desde os pontos de oferta ou origens até as fábricas ou destinos.

Um objetivo mais específico deste trabalho é desenvolver o *módulo principal* de um S.A.D. (Sistema de Apoio à Decisão) ou D.S.S. (Decision Support System) para apoiar o gerenciamento dinâmico do suprimento de algodão nas indústrias têxteis. Em linguagem de hardware este módulo principal seria o microprocessador de um microcomputador, ou "main chip".

Este módulo principal ou "main chip" tem a função de avaliar e encontrar soluções espaço-temporais e de custo ótimas em qualquer momento, ante mudanças nas condições dos modos de transporte envolvidos no problema, mudanças nos pontos de armazenagem intermediária (ex. greve num porto) e possíveis erros de coordenação das operações, sempre buscando o ótimo logístico para a empresa. A sua característica de flexibilidade é

típica dos sistemas ou modelos logísticos de "terceira geração", ou do final dos anos 90, (ver Figura 1).

Um objetivo secundário é analisar quais os fatores que levaram o Brasil, país tradicionalmente produtor e exportador de algodão, a tornar-se importador deste insumo. No ramo têxtil, atualmente o Brasil apresenta características semelhantes aquelas dos países mais conhecidos como "Tigres Asiáticos", pois ele importa praticamente 90 % da matéria-prima que industrializa.

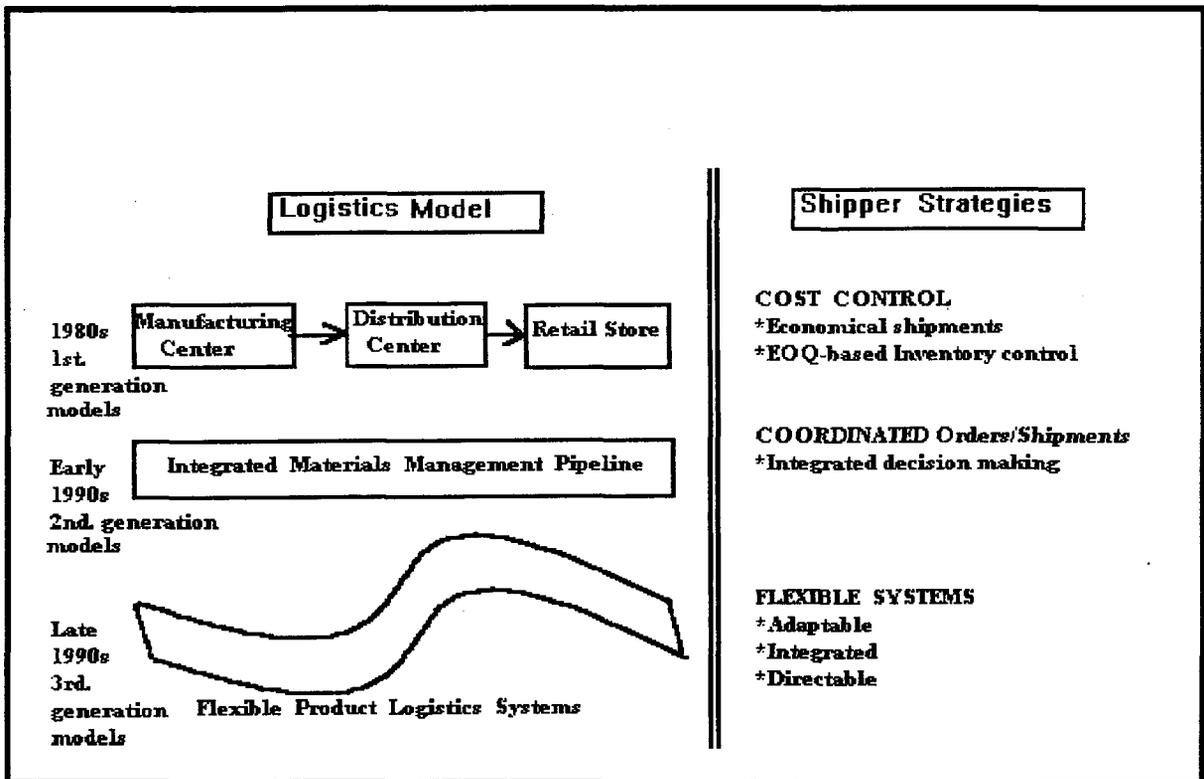


Figura 1. Evolução da Logística nas duas últimas décadas.

Fonte : [Anderson, D.L. e House, R.G. (02)].

### I.3. METODOLOGIA UTILIZADA.

Nesta dissertação, apresenta-se uma metodologia para trabalhar com redes logísticas, que apresentem problemas espaço-temporais e com descontinuidades em alguns dos modos de transporte envolvidos. No caso estudado neste trabalho, o serviço de transporte marítimo apresenta descontinuidades, que exigem um tratamento matemático específico. Já, os modos terrestres (rodoviário e ferroviário), bem como eventualmente o

transporte fluvial (hidroviário), podem ser identificados com situações contínuas no que diz respeito à oferta.

A partir da rede logística representativa do problema em estudo (modelagem logística), transforma-se a mesma em uma rede espaço-temporal, levando em conta as condições específicas mencionadas. Na rede espaço-temporal, aplica-se o algoritmo de Dijkstra para determinar soluções espaço-temporais e de custo ótimas, para todo e qualquer par de nós da mesma.

A rede usada para o estudo de caso apresentado no Capítulo V, é extremamente simples, porém o que interessa para este trabalho, é a comprovação da validade do modelo e da metodologia propostos.

Outros aspectos metodológicos serão ressaltados : iniciou-se o trabalho com uma pesquisa bibliográfica, tanto na literatura brasileira sobre o assunto como a nível internacional. Isto era necessário tanto para desenvolver a base matemática do trabalho, como para obter os dados relativos à produção, às importações e às exportações de algodão no Brasil e no mundo.

Simultaneamente, realizaram-se diversas visitas à empresa Hering Têxtil S.A. em Blumenau-SC, visando conhecer a sistemática utilizada no suprimento de algodão. Durante estas visitas foram colhidos todos os dados usados no estudo de caso apresentado nesta dissertação.

#### **I.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.**

O capítulo I contém a introdução ao trabalho, que é dividida em : Introdução, Objetivos do Trabalho, Metodologia Utilizada, Estrutura do Trabalho, e Algumas definições úteis.

O capítulo II apresenta uma introdução à Logística, e continua com a definição de Logística Industrial ou Empresarial, que constitui a ênfase deste trabalho. Finalmente apresenta-se uma introdução à Logística de Suprimento.

O capítulo III foi dividido em três partes. A primeira, trata das estratégias de suprimento de algodão nas indústrias têxteis de Santa Catarina. A segunda, apresenta dados estatísticos de produção de algodão no Brasil, nos últimos trinta anos. A terceira parte apresenta dados estatísticos, nos últimos trinta anos, de produção, importações e exportações de algodão no mundo.

No capítulo IV apresentam-se os modelos matemáticos e a metodologia de trabalho proposta para abordar o problema da Logística de Suprimento de algodão para as indústrias têxteis de Santa Catarina. Apresenta-se um exemplo ilustrativo para melhor compreensão desta metodologia.

Apresenta-se no Capítulo V, um estudo de caso com dados reais, onde é aplicada a metodologia proposta. Usa-se uma rede americano-brasileira, que apresenta basicamente, os modos de transporte : rodoviário e marítimo. Trabalha-se com fluxos de fardos de algodão containerizado (cargas containerizadas) com o objetivo de otimizar o percurso desta matéria-prima ao longo da rede logística, com janelas de tempo. Utiliza-se também, um modelo clássico de estoque para calcular a remessa ótima de containers de algodão, que deve fluir através da rede logística, para minimizar os custos anuais totais para a empresa com os recursos disponíveis(só uma companhia de transporte marítimo, por exemplo). Finalmente analisam-se os resultados da aplicação do modelo.

No capítulo VI, apresentam-se as conclusões e sugestões que resultaram deste trabalho.

### **I.5. ALGUMAS DEFINIÇÕES ÚTEIS.**

Apresentam-se a seguir algumas definições que serão de utilidade para a compreensão desta dissertação.

**\*Algodão em caroço :** produto obtido diretamente da planta de algodão durante a colheita nas lavouras, independente do procedimento utilizado na colheita (manual ou mecanizado).

**\*Algodão em pluma :** obtém-se após um processo mecânico de beneficiamento realizado no algodão em caroço. Em inglês "ginning" é o nome deste beneficiamento. Este constitui a matéria-prima processada pelas indústrias têxteis de ciclo completo.

**\* C.I.F. :** esta é a sigla internacional de : Custo, Seguro e Frete, porto de desembarque indicado. Em inglês, a origem desta sigla é : Cost, Insurance and Freight. Em francês a sigla é : C.A.F., Coût, Assurance et Frêt. Exemplo : Segundo as Cláusulas Internacionais, C.I.F.-Santos, significa que a mercadoria se considera entregue, posta no navio, no porto de origem. O vendedor paga as despesas de seguro e frete até o desembarque no porto indicado de Santos.

**\* F.O.B. :** esta é a sigla internacional de : Posto a bordo, porto de embarque indicado. Em inglês, origem da sigla é : Free On Board. Exemplo : Segundo as Cláusulas Internacionais, F.O.B.-Santos, significa que o vendedor não assume as despesas de seguro e frete, e devido a isso é indicado o porto de embarque da mercadoria, porto de Santos, no exemplo.

**\* C & F :** esta é a sigla internacional de : Custo e Frete, porto de desembarque indicado. Em inglês, a origem da sigla é : Cost and Freight.

## CAPÍTULO II

### - INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA -

#### II.1 INTRODUÇÃO.

O objetivo deste capítulo é familiarizar o leitor com a Logística, uma disciplina jovem, de origem pós segunda Guerra Mundial. É uma disciplina moderna e atual, que interessa os ambientes empresariais e industriais brasileiros. Tanto os empresários, como a alta e média gerência das grandes e médias empresas, assim como os administradores dos grupos econômicos que atuam dentro do setor privado, se interessam atualmente pela Logística.

São tratados temas relacionados com : **Logística Industrial** ou Empresarial, Logística de Distribuição ou Distribuição Física, **Logística de Suprimento** ou Suprimento Físico, com maior ênfase a esta última.

#### II.2. INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA.

A Logística é uma especialidade relativamente nova que se situa entre as áreas de engenharia de produção e de administração. Os militares na segunda guerra mundial começaram a usar esta "ferramenta", para resolver seus problemas logísticos. Mais tarde, ela começou a ser aplicada na indústria, pois os problemas industriais são, em muitos casos, análogos aos militares, quando estes são abordados do ponto de vista da teoria de sistemas. A Logística não é tão rigorosa se comparada com a pesquisa operacional. Assim, uma solução logística ótima, não necessariamente é a de custo mínimo, por exemplo. A Logística usa modelos poderosos da pesquisa operacional e outras técnicas da engenharia, da estatística, etc., mas se caracteriza fundamentalmente pelo seu enfoque sistêmico dos problemas.

#### II.3. LOGÍSTICA INDUSTRIAL OU EMPRESARIAL.

A Logística Industrial ou Empresarial, não tem um título único para identificá-la, como é o caso dos setores de produção ou marketing. Ela dedica-se ao estudo e à administração dos fluxos de bens e serviços e da informação associada a estes. Uma

pesquisa do Conselho Nacional de Administração da Distribuição Física norte-americano, revelou que a área é conhecida por nomes como : a) transportes, b) distribuição, c) distribuição física, d) suprimento e distribuição, e) administração de materiais, f) operações e logística. Ver [Ballou, R.H. (03)].

A Logística Industrial ou Empresarial é a administração conjunta e coordenada das áreas tradicionais de Administração de Materiais e Distribuição Física.

Uma forma simples de definir Logística Industrial é dada pela seguinte expressão [Rushton, A. e Oxley, J. (36)] :

Administração de Materiais + Distribuição Física = Logística Industrial

Numa forma gráfica, a Figura 2, ilustra o conceito de Logística dentro das empresas ou indústrias.

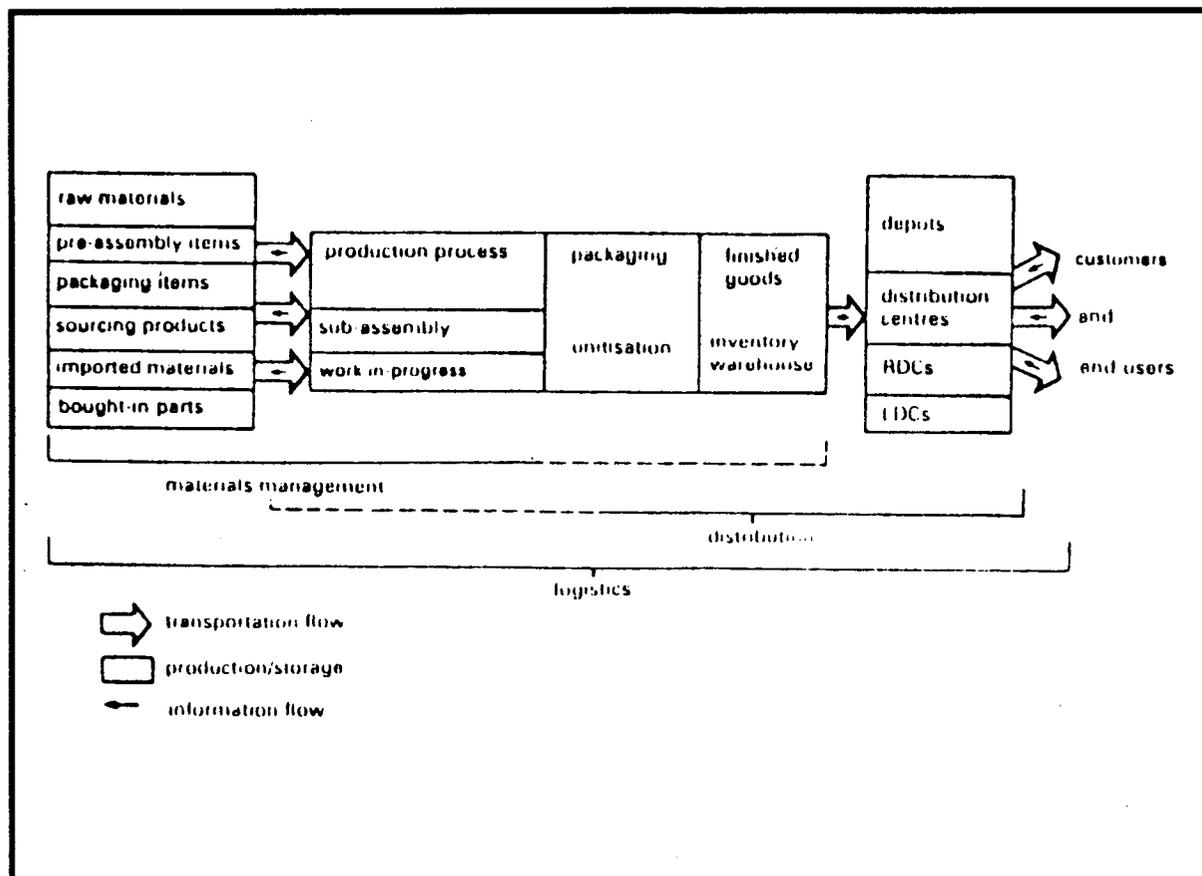


Figura 2. Relações entre Logística, Administração de Materiais e Distribuição.

Fonte: [Rushton, A. e Oxley, J. (36)].

Suponha-se que fosse viável produzir todos os bens e serviços no ponto onde eles são consumidos, ou então que as pessoas desejassem viver onde as matérias-primas e a produção se localizam. Se isto acontecesse a logística teria pouca importância.

Entretanto, isto não ocorre na sociedade moderna. Uma região tende a especializar-se na produção daquilo que lhe trouxer maiores vantagens econômicas. Isto cria um hiato de *tempo* e *espaço* entre matérias-primas e produção e entre produção e consumo.

Vencer tempo e distância na movimentação de bens ou na entrega de serviços de forma eficaz e eficiente é a tarefa do profissional de Logística [Ballou, R.H. (03)].

### II.3.1. ATIVIDADES PRIMÁRIAS.

Segundo Ballou, R.H.(03), as atividades que integram a Logística, podem ser divididas, em atividades primárias e em atividades de apoio.

As três atividades seguintes são consideradas primárias para atingir os objetivos logísticos :

- \* Transportes.
- \* Manutenção de estoques.
- \* Processamento de pedidos.

**Transportes** - Para a maioria das empresas o transporte é a atividade logística mais importante, porque ela absorve em média de um a dois terços dos custos logísticos. A referência a transporte diz respeito aos vários métodos ou **modos** utilizados para se movimentar os produtos. Algumas dessas alternativas são os modos : rodoviário, ferroviário, hidroviário e aeroviário. A administração da atividade de transporte geralmente envolve a decisão referente ao modo, ou aos modos de transporte, aos roteiros e à utilização da capacidade dos veículos.

**Manutenção de estoques** - Em geral não é viável providenciar produção ou entrega instantânea aos clientes. Para se atingir um grau razoável de disponibilidade do produto, é necessário manter estoques, os quais atuam como "amortecedores" entre a oferta e a demanda. A manutenção de estoques é uma atividade chave da Logística, pois o uso extensivo de estoques responde, em média, por aproximadamente um a dois terços dos custos logísticos.

Enquanto o transporte adiciona valor de lugar ao produto, o estoque agrega valor de tempo. Para minimizar este valor dinâmico agregado, em geral, o estoque deve ser posicionado próximo aos consumidores ou aos pontos de manufatura.

**Processamento de pedidos** - Do ponto de vista do seu custo esta atividade nunca seria considerada como primária [Ballou, R.H. (03)], porém ela é considerada uma atividade primária dentro do sistema logístico, por ser um elemento crítico em termos de tempo necessário para levar bens e serviços aos clientes. É a atividade primária que inicializa a movimentação de produtos e a entrega de serviços.

Estas três atividades primárias do sistema logístico constituem segundo Ballou, R. H. (03), o chamado "ciclo crítico das atividades logísticas", o qual é mostrado na Figura 3.

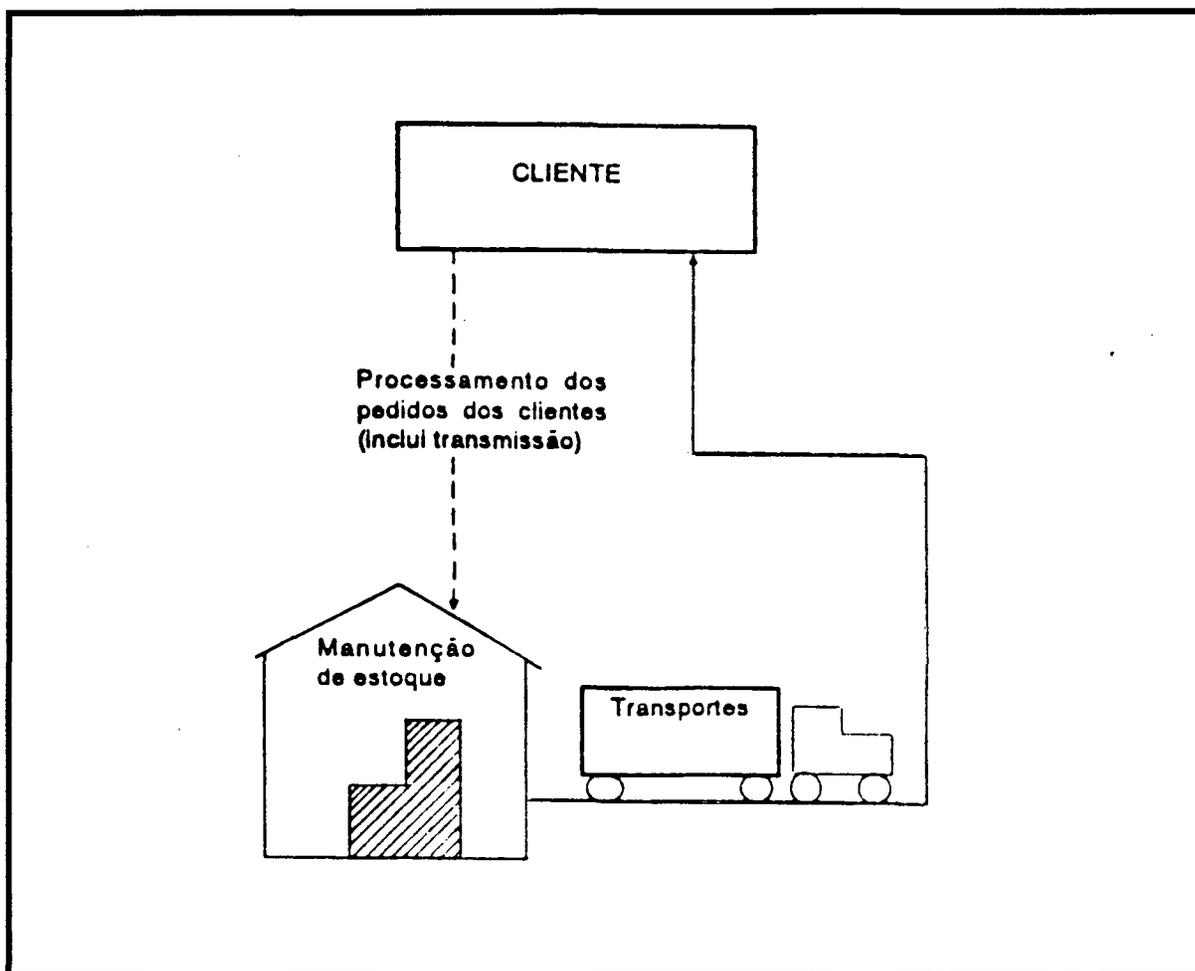


Figura 3. Relação entre as três atividades logísticas primárias para atender clientes, o "ciclo crítico".

Fonte: [Ballou, R.H. (03)].

### II.3.2 ATIVIDADES DE APOIO.

De acordo com Ballou, R.H. (03), em torno das três atividades primárias, existe um conjunto de atividades logísticas conhecidas como atividades de apoio. São elas :

- \* Armazenagem.
- \* Manuseio de materiais.
- \* Embalagem de proteção.
- \* Obtenção.
- \* Programação de produto.
- \* Manutenção de informação.

**Armazenagem** - Trata da administração do espaço necessário para manter estoques. Envolve problemas como localização, dimensionamento de áreas, arranjo físico (layout), recuperação do estoque, projeto de docas ou baias de atracação e configuração dos armazéns.

**Manuseio de materiais** - Esta atividade está relacionada à armazenagem e também apoia a manutenção de estoques. É uma atividade que trata da movimentação dos produtos no local de estocagem. São problemas importantes no manuseio de materiais : seleção do equipamento de movimentação, procedimentos para formação de pedidos e balanceamento da carga de trabalho.

**Embalagem de proteção** - Um dos objetivos da logística é movimentar bens sem danificá-los além do economicamente razoável. Neste sentido, bons projetos de embalagens dos produtos auxiliam a garantir movimentações sem quebras.

**Obtenção** - Esta é a atividade que deixa o produto disponível para o sistema logístico. Ela trata da seleção das fontes de suprimento, das quantidades a serem adquiridas, da programação das compras e da forma pela qual o produto é comprado.

**Programação do produto** - Enquanto a Obtenção trata do suprimento (fluxo de entrada) de empresas de manufatura, a Programação do produto lida com a distribuição (fluxo de saída). Ela refere-se às quantidades agregadas que devem ser produzidas e quando e onde devem ser fabricadas.

**Manutenção de informação** - Nenhuma função logística dentro de uma empresa poderia operar eficientemente sem as informações necessárias de custo e desempenho. Tais informações são essenciais para o correto planejamento e controle logístico.

Por este motivo, a manutenção de uma base de dados com informações sobre localização dos clientes, volumes de vendas, padrões de entregas e níveis dos estoques, apoia a administração eficiente e efetiva das atividades primárias e de apoio do sistema logístico.

#### II.4. LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO.

É o ramo da Logística Empresarial que trata da movimentação, da estocagem e do processamento de pedidos dos produtos finais da empresa. Ela é mais comumente conhecida com o nome de **distribuição física** ou simplesmente **distribuição**. O seu objetivo é fazer com que os produtos finais da empresa cheguem a seus clientes vencendo os fatores *tempo* e *distância* com custos quase mínimos ou custos logísticos mínimos.

A distribuição física é para a maioria das empresas a atividade logística responsável, segundo Ballou, R.H. (03), por aproximadamente dois terços dos custos logísticos.

A Logística de Distribuição atua na interface dos clássicos departamentos de produção e de marketing, buscando benefícios para a empresa, e explorando a sua característica de enfoque sistêmico.

Nas indústrias, a partir do momento em que o setor de produção da empresa não realiza mais operações nos produtos, sejam estes acabados ou semi-acabados, eles passam, nesse instante, a ser de responsabilidade da Logística, até que os clientes tomem posse deles. Na verdade, em algumas situações, a movimentação dos produtos não termina com a posse destes pelos clientes. Assim, acontece, nos casos em que o cliente devolve a mercadoria, por erro na entrega, ou por danos ocorridos com o produto, ou simplesmente porque o cliente mudou de idéia. O especialista de Logística deve estabelecer procedimentos de recolhimento e preparar a estocagem dos bens devolvidos a partir dos sítios de entrega.

#### II.4.1 ADMINISTRAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA.

Fazer com que os produtos finais de uma empresa cheguem até os seus clientes ou consumidores, não consiste simplesmente em escolher uma alternativa de transporte. Distribuir produtos é uma tarefa muito mais complicada.

Primeiramente, deve-se definir o modo de transporte adequado para movimentar os produtos a partir da fábrica, além do tipo de veículo, e da capacidade de carga, etc.. Deve-se também dimensionar uma frota suplementar para movimentar os produtos a partir do armazém. Esta frota compõe-se em geral de veículos menores, que trafegam em meios urbanos densamente povoados e que possuem características diferentes dos veículos que transportam produtos a partir das fábricas. Em seguida, são estabelecidos os procedimentos de controle para os itens de inventário. É necessário decidir onde devem ser localizados os depósitos de campo, definir quais são suas dimensões físicas, e qual será a quantidade de armazéns a operar pelo sistema de distribuição.

Deve-se ainda, escolher os sistemas de comunicações para transmissão de pedidos e estabelecer o nível de serviço que a empresa oferecerá para cada item de produto.

Estas são algumas das questões que devem ser definidas antes de se iniciar a operação do sistema de distribuição física.

A administração da distribuição física é desenvolvida em três níveis : (i) estratégico; (ii) tático; (iii) operacional.[Ballou, R.H. (03)].

O planejamento estratégico do sistema de distribuição é executado pela alta gerência. É um planejamento de longo prazo, e é generalista, ou seja ele não se preocupa muito com detalhes. Nesta etapa deve-se decidir de modo geral qual será a configuração global do sistema de distribuição, além de responder questões relativas à localização dos armazéns, à seleção dos modos de transporte e ao projeto do sistema de processamento de pedidos.

A nível tático, a administração do sistema de distribuição física preocupa-se com a melhor utilização dos recursos disponíveis. O nível tático consiste num planejamento de curto prazo, desenvolvido pela média gerência. Um problema tático se apresenta quando a empresa investe no sistema de distribuição, como por exemplo : em caminhões, em armazéns, em equipamentos para transmissão de pedidos, etc., visando utilizar estes equipamentos e facilidades de maneira eficiente. O nível tático se preocupa com que os veículos façam movimentos completamente carregados, que as áreas disponíveis de

armazenagem estejam sempre ocupadas e que os equipamentos de transmissão de pedidos não fiquem ociosos.

A administração a nível operacional é responsável pelas tarefas diárias que devem ser realizadas para que os produtos finais da empresa cheguem aos consumidores ou clientes. Esta é a tarefa do gerente de distribuição e de seus subordinados. Neste nível, algumas tarefas dizem respeito ao recolhimento dos produtos dos estoques armazenados, ao carregamento dos caminhões para entrega, à embalagem dos produtos para carregamento, à manutenção do registro dos níveis de inventário, à preparação dos pedidos para ressuprimento de estoques, etc.. Estas atividades da administração operacional do sistema de distribuição física consistem, principalmente, na supervisão e na realização das tarefas.

#### **II.4.2. ESTUDO DE CUSTOS NA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA.**

De acordo com Ballou, R.H. (03), é importante introduzir três conceitos importantes de custos na distribuição física. São eles : (i) compensação de custos; (ii) custo total; (iii) sistema total.

O conceito de compensação de custos é fundamental para administrar a distribuição física. Este conceito reconhece que os modelos de custos das várias atividades da empresa apresentam, às vezes, características que colocam essas atividades em conflito econômico entre si. Ao considerar-se os padrões de custos das três atividades logísticas primárias em função do número de depósitos de um sistema de distribuição, como ilustrado na Figura 4, observa-se que quanto maior é o número de depósitos, menor é o custo de transporte. Isto acontece porque carregamentos volumosos podem ser feitos para os armazéns com fretes menores. Além disso, as distâncias percorridas pelas entregas parceladas do armazém para os clientes, se reduzem, diminuindo o custo do transporte de ponta. Portanto os custos de transporte decrescem quando se aumenta o número de depósitos no sistema de distribuição em operação.

Já os custos de estoque e de processamento de pedidos mostram um comportamento oposto, isto é, eles crescem à medida que aumenta o número de depósitos em operação dentro do sistema de distribuição física. Os custos de estoque aumentam à medida que se opera maior quantidade de armazéns, porque mais estoque é necessário para manter o mesmo nível de disponibilidade, em relação à operação com menos depósitos. Por sua vez, os custos de processamento de pedidos crescem com o aumento do número de depósitos já que estes constituem novos pontos de processamento de pedidos. Tem-se então, um conflito econômico entre estas três atividades do sistema logístico. Para decidir o número

de depósitos ou armazéns que a empresa operará, o administrador deve tentar balancear ou compensar estes custos conflitantes. Isto leva ao menor custo para o sistema de distribuição.

O conceito de custo total é muito similar ao conceito de compensação de custos. Ele explora o conflito de custo entre as atividades da empresa. Este conceito reconhece que os custos individuais exibem comportamentos conflitantes, devendo ser considerados coletivamente e balanceados no ótimo. Como é mostrado na Figura 4, o custo total para um determinado número de depósitos é a soma dos custos de transporte, de armazenagem e de processamento de pedidos. A curva de custo total apresenta um ponto de mínimo.

Com base nestes conceitos, reconheceu-se que administrar transportes, estoques e processamento de pedidos conjuntamente poderia levar a substanciais reduções no custo total, quando comparado com a administração destas atividades separadamente. A idéia de custo total foi importante para decidir quais atividades da empresa deveriam ser agrupadas conjuntamente. Além disso, providenciou o argumento básico para o gerenciamento coletivo das funções logísticas.

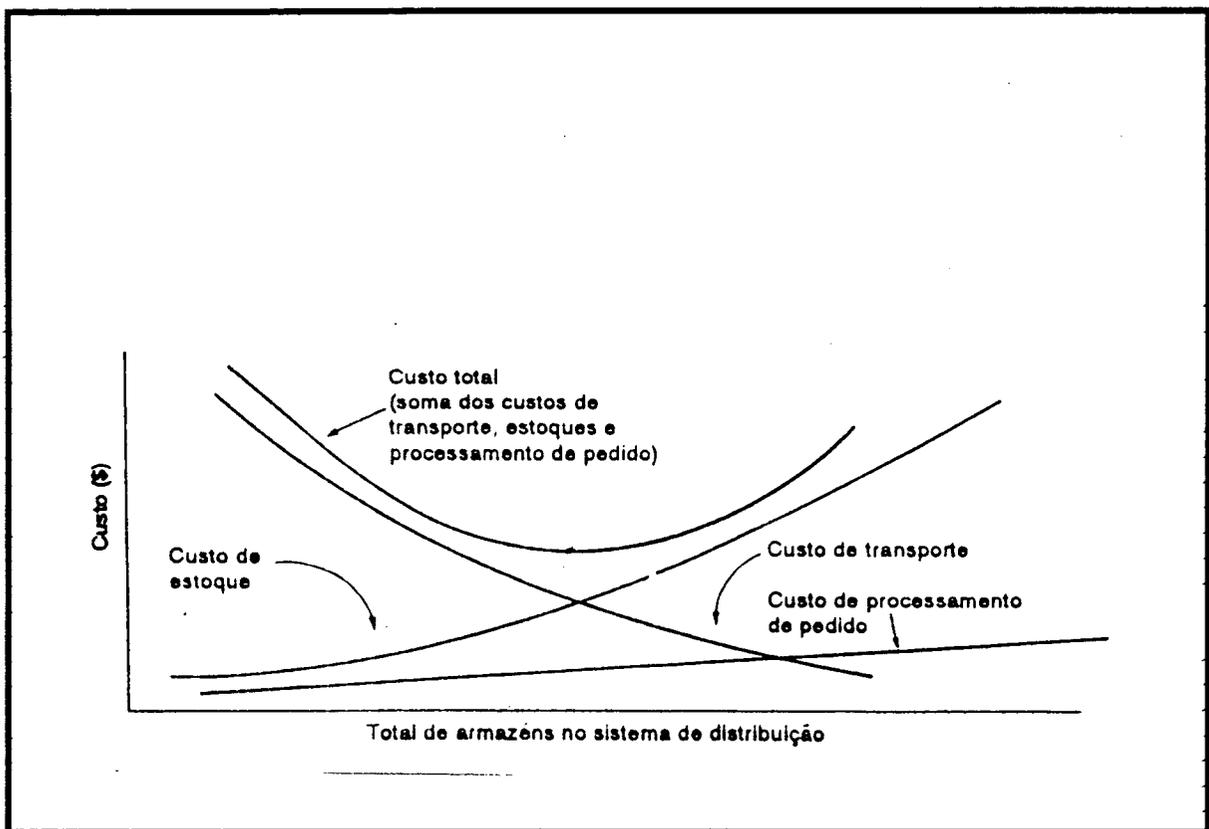


Figura 4. Compensação de custos para determinação do número total de armazéns a operar num sistema de distribuição. Fonte: [Ballou, R. H. (03)].

O terceiro conceito é o de sistema total. Trata-se de uma extensão do conceito de custo total. Ele representa uma filosofia para gerenciamento da distribuição que considera todos os fatores afetados de alguma forma pelos efeitos da decisão tomada.

O enfoque do sistema total observa os problemas de distribuição em termos abrangentes para descobrir relações que, caso negligenciadas, poderiam levar a decisões sub-ótimas. Este enfoque é particularmente importante, porque a administração logística relaciona-se diretamente com muitas outras áreas funcionais dentro e fora dos limites legais da empresa.

#### **II.4.3. RELACIONAMENTO DA LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO NA EMPRESA.**

A Logística de Distribuição, ou distribuição física, situa-se na interface das áreas de produção e marketing. Primeiramente será analisado seu relacionamento com a área de marketing.

Converse, P.D. (05) uma destacada autoridade e professor de marketing, qualificou a distribuição física como "a outra metade do marketing". A maioria dos livros e os especialistas de marketing referem-se à distribuição física como um elemento chave da disciplina, e a consideram como parte integrante da função de marketing. O objetivo principal do marketing é gerar lucros para a empresa, e a distribuição física contribui com esse objetivo.

Segundo Lewis, R.J. (23), o marketing tem dois propósitos básicos. O primeiro é obter demanda para os produtos da empresa, o segundo é atender essa demanda. Conseguir demanda é resultado dos esforços promocionais, assim como preço, e da composição da carteira de produtos da empresa. Uma vez conseguida a demanda, esta deve ser atendida, e é quando age a distribuição física. Seus esforços dirigem-se a colocar o produto certo, no local certo e no instante correto, para atender a demanda. Em princípio a distribuição física e o marketing poderiam ser separados, mas os profissionais de vendas há muito reconheceram que a distribuição física contribui para aumentar a demanda. Questões como disponibilidade de produto, pronta entrega, e atendimento correto dos pedidos, são alguns dos serviços que agradam ao cliente.

No que diz respeito ao relacionamento da Logística de Distribuição ou distribuição física com a produção, é reconhecido que as atividades de produção e de movimentação de bens se sobrepõem. É nesta interface que o relacionamento produção/distribuição física acontece. Neste caso, o relacionamento não é tão bem definido como no caso do marketing. No entanto, segundo Ballou, R.H. (03), esta relação é forte e ocorre pelo menos

de duas maneiras : (i) na programação de ordens de ressuprimento dos armazéns; (ii) na definição da carga de produção das fábricas.

As atividades de distribuição física devem ser estrategicamente conectadas às funções de produção e vendas ou marketing da empresa, pois o desempenho da gerência destas últimas é afetado pelos níveis das atividades de distribuição. Sabe-se que em condições normais, a distribuição física agrega aos produtos valores que representam em média entre 20 a 30 % das vendas, [Ballou, R.H. (03)]. Quando isto é compreendido, pode-se notar que não é tão importante definir se a distribuição física faz parte da produção ou do marketing ou se é função gerencial separada e com o mesmo status que as outras. O que realmente interessa é que exista uma coordenação tal, que ela seja capaz de explorar compensações de custos destas atividades.

## **II.5. LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO.**

A Logística de Suprimento é o ramo da Logística Empresarial que trata do fluxo de produtos em direção à empresa. Esta área é mais conhecida como **administração de materiais** ou **suprimento físico**.

No início do desenvolvimento da Logística Empresarial, o lugar do fluxo de suprimento não estava claramente definido. A ênfase maior situava-se na distribuição física, que é o processo inverso, ou seja, o fluxo de produtos da empresa até os consumidores.

Assim, somente há pouco tempo é que a administração de materiais ou suprimento físico foi efetivamente integrada à Logística Empresarial. Esta negligência com relação ao suprimento de materiais ocorreu provavelmente por duas razões : a primeira delas é econômica, já que os custos de suprimento das empresas em geral tendem a ser bastante menores que os custos de distribuição física, sendo em média de 3 a 7 % das vendas [Ammer, D.S. (01)]. Então, a atenção da administração empresarial concentrou-se naquelas atividades que tinham maior impacto econômico. A segunda razão, segundo Ballou, R. H. (03), diz respeito à dificuldade de determinação do local do suprimento dentro das atividades logísticas.

## II.5.1. O CANAL DE SUPRIMENTO.

De forma análoga à existência de um canal de distribuição para o fluxo de produtos e informações na distribuição física, existe um canal para o fluxo de insumos e informações chamado canal de suprimento físico.

As atividades que constituem o canal de suprimento, são de importância fundamental para a administração de materiais. Elas são basicamente de três tipos [Ballou, R.H. (03)] :

- \* Inicialização e transmissão de ordens de compra (pedidos).
- \* Transporte dos materiais até o local da fábrica.
- \* Manutenção de estoques na planta.

O ciclo de suprimento usual das empresas inicia com a seleção pelo comprador dos fornecedores que atingem os requisitos exigidos com relação ao preço, entrega, e qualidade. Em seguida, se prepara uma ordem de compra que contém importantes informações logísticas como quantidade, destino de entrega, data requerida para entrega, etc.. Esta ordem é remetida à firma fornecedora, a qual processa e prepara a ordem para remessa. A entrega é arranjada pelo fornecedor ou pela firma compradora, conforme os acordos de preço. Se o transporte é incluído no preço, geralmente o próprio fornecedor realiza a sua contratação. Em caso contrário, é em geral o comprador que trata do transporte.

Após a recepção do carregamento, este é submetido à inspeção de qualidade e colocado no estoque até ser necessário para operações.

De forma semelhante à Logística de Distribuição, tem-se na administração de materiais certas atividades básicas (primárias) : transporte, manutenção de estoques, processamento de pedidos. Existe igualmente um conjunto de atividades de apoio, tais como : obtenção, embalagem de proteção, armazenagem, manuseio de materiais, e manutenção de informação. A obtenção é uma atividade de apoio exclusiva da Logística de Suprimento.

Uma empresa pratica uma boa administração de materiais quando consegue coordenar a movimentação de suprimentos com as exigências de operação. Em outras palavras, o objetivo da administração de materiais, do suprimento físico ou da Logística de Suprimento, deve ser prover os materiais certos, no local de operação certo, no instante correto e em condição utilizável a custo mínimo.

A Logística Industrial ou Empresarial moderna, tenta agregar o suprimento e a distribuição no limite do possível numa única organização. Características como diferenças no tipo de transporte utilizado, necessidades de armazenagem e diferenças nos produtos (matérias-primas / produtos manufaturados), muitas vezes servem para justificar a administração separada, nas empresas ou indústrias, do suprimento e da distribuição.

A administração integrada e coordenada pode melhorar as operações reduzindo os custos administrativos totais. Assim a administração conjunta de suprimento e distribuição dentro das organizações, tende a ser cada vez mais procurada pelas empresas num futuro próximo.

### **II.5.2. A ATIVIDADE DE OBTENÇÃO.**

Anteriormente foram apresentadas as atividades de apoio que compunham a Logística. Estas atividades são praticamente comuns tanto para o suprimento físico como para a distribuição física, exceto a obtenção, que é exclusiva do suprimento físico.

É necessário então, expor alguns detalhes sobre o papel da obtenção nas tarefas de suprimento e como ela se relaciona com a atividade de compras. Em geral, as áreas gerenciais dentro da administração de empresas são resultado de definições arbitrárias [Ballou, R.H. (03)]. Compras não é exceção. Isto atrapalhou um pouco o ponto de vista da Logística, pois algumas das atividades tradicionais de compras estão associadas às tarefas logísticas e outras não. Esta sobreposição é esperada, pois já em 1961, [Westing, J.H. (42)], definia a responsabilidade do comprador como "comprar materiais com qualidade correta, na quantidade certa, no instante certo e ao preço correto, da fonte certa, para entrega no local correto".

Observa-se aqui um notável grau de similaridade entre os objetivos de compras e os objetivos de agregação de lugar e tempo da Logística Industrial ou Empresarial.

O termo *compras* freqüentemente lembra o processo de compras da administração de materiais. Dentro desse processo encontram-se as seguintes atividades, de acordo com Ballou, R.H. (03) :

- \* Assegurar descrição completa e adequada das necessidades.
- \* Selecionar fontes de suprimento.
- \* Conseguir informações de preço.
- \* Colocar os pedidos (ordens de compra).
- \* Acompanhar os pedidos (monitoramento).
- \* Verificar notas fiscais.

\* Manter registros e arquivos.

\* Manter relacionamento com vendedores.

O processo de compras é extenso e envolve mais atividades do que aquelas diretamente ligadas com a movimentação e armazenagem de mercadorias. Duas atividades, dentre elas, influenciam significativamente a eficiência do fluxo de bens. A primeira delas é a seleção de fornecedores : sua escolha depende do preço, qualidade, continuidade de fornecimento (confiabilidade) e localização. A localização dos fornecedores interessa ao pessoal de Logística porque ela representa o ponto de partida geográfico a partir do qual os bens devem ser entregues. A distância entre fontes de suprimento e o comprador influencia o tempo necessário para obter as mercadorias, além de afetar a confiabilidade dos prazos de entrega. Quando existem múltiplos pontos de carregamento, a proximidade geográfica dos mesmos pode atuar nas oportunidades de consolidação de fretes com conseqüente diminuição dos custos de transporte.

A segunda delas, é a colocação de pedidos em determinado fornecedor. A ordem de compra especifica as quantidades e possivelmente as instruções de entrega. É o documento principal para iniciar o fluxo de produtos no canal de suprimento. O processo de compras e as ordens resultantes estabelecem o volume de produtos a serem movidos e estocados no sistema logístico em qualquer instante. A falta de coordenação entre os processos de compra e movimentação de produtos pode levar a custos logísticos desnecessários.

Assim, seria exagerado estender o conceito de Logística para incluir todas as atividades associadas com a função de compra de materiais. Por esta razão, o termo *obtenção* é utilizado unicamente para referir-se aos aspectos de compras que têm algum impacto nas atividades de movimentação e armazenagem. Então, assume-se neste trabalho que o termo compras, usado tradicionalmente na maioria das empresas, envolve tanto compras como funções de movimentação de materiais. Deseja-se assim separar estes dois termos e evitar a discussão da inclusão ou não das atividades de compra de materiais dentro da Logística.

### **II.5.3. ATENDIMENTO DOS REQUISITOS DE OPERAÇÃO.**

A administração de materiais atende apenas poucos clientes ou mesmo um único, enquanto a distribuição física atende muitos. O cliente da administração de materiais é o sistema de operações (ou produção). Para realizar suprimento eficiente exige-se conhecimento básico sobre a geração dos requisitos da produção, pois são as necessidades da produção que estimulam a geração das ordens de compra, as quais, por sua vez, acionam

as entregas de suprimentos. A administração de materiais geralmente não se preocupa com as previsões de vendas para os produtos finais na mesma medida da administração da distribuição física, pois o fluxo de suprimento resulta das necessidades operacionais.

Existem duas maneiras de se providenciar o suprimento : suprimento para produção e suprimento para estoque. As vantagens de cada um destes métodos não pode ser devidamente apreciada sem antes compreender-se a programação da produção.

A espinha dorsal dos programas de produção é semelhante de companhia para companhia. Trata-se, simplesmente, de um plano para produzir certa quantidade de produtos em certa data visando atender a compromissos de venda e distribuição.

#### **II.5.4. SUPRIMENTO PARA ESTOQUE.**

Os estoques atuam como "amortecedores" entre suprimento e demanda ou, entre suprimento e necessidades de produção. Eles são benéficos ao sistema de suprimento porque garantem maior disponibilidade de componentes para a linha de produção, diminuem o tempo dedicado pela administração para manter a disponibilidade desejada e podem reduzir custos de transporte. Para um item ser mantido economicamente em estoque, ao invés de ser comprado sob encomenda, deve geralmente atender as seguintes características [Ballou, R.H. (03)], : (i) ser comprado em quantidades maiores ou iguais a um lote mínimo, (ii) a tabela de preços do fornecedor deve ter descontos por volume, (iii) ser de valor relativamente baixo, (iv) ser econômico comprá-lo juntamente com outros itens, (v) ser usado numa larga variedade de modelos ou produtos, (vi) ter tabelas de fretes ou requisitos de manuseio que facilitem a compra em grandes lotes ou (vii) ter algum grau de incerteza na entrega ou na continuidade do suprimento.

Quando na empresa a política adotada é de "proteger" as necessidades de operação pelos estoques, são os critérios de controle de estoques que determinam a emissão das ordens de compra para ressuprimento. Esses critérios podem ser calculados de maneira que, quando uma ordem seja liberada, esta tenha a quantidade mais econômica em termos de preço e custos de transporte. Caso os componentes estejam disponíveis em estoque, as necessidades de operação podem ser atendidas diretamente do inventário, sem perda de tempo.

### II.5.5. SUPRIMENTO DIRETO PARA PRODUÇÃO.

Manter em estoque todo o material necessário para produção pode ser ineficiente. Se algum dos materiais tiver alto valor unitário e for utilizado apenas num número limitado de modelos ou produtos, torna-se mais econômico encomendá-lo diretamente para atender às necessidades de produção, dentro da filosofia "Just in Time". Estes materiais fluem em quantidades pequenas se comparados com os volumes daqueles comprados para estoques e precisam de maior atenção por parte da administração, como aumentar comunicações ou acelerar os pedidos. Em muitas empresas, o programador da produção controla os materiais que devem ser estocados e aqueles que devem ser pedidos sob encomenda, atendendo diretamente à produção.

A idéia de "puxar" peças, materiais e subconjuntos através do canal de suprimento à medida que existam necessidades operacionais, ao invés de atendê-las a partir de estoques, é uma prática comum em empresas industriais. Esta técnica é usualmente conhecida como *planejamento* ou *cálculo de necessidades*, [Ballou, R.H. (03)]. Sua popularidade é em grande parte resultado do uso de computadores no planejamento e programação da produção.

A idéia central do cálculo de necessidades é evitar a manutenção de estoques de peças pela colocação de ordens de compra ou produção no tempo exato, para ter os materiais chegando na data programada para produção. O computador mantém registro da lista de materiais e dos tempos de ressuprimento do fornecedor, liberando as ordens de compra nas datas certas. Se os tempos de entrega ("lead times") forem precisos e houver suprimento disponível, os materiais devem convergir todos no mesmo instante ao local de produção, eliminando teoricamente a necessidade de estoques. Evidentemente, estoques não podem ser eliminados completamente porque os tempos de ressuprimento não são determinados com certeza e as reduções de custos de compra e transporte ocasionados pelo uso de grandes lotes (além de compras especulativas) não conseguem ser devidamente exploradas pelo cálculo de necessidades. Portanto, ainda permanecem as duas maneiras pelas quais os produtos são colocados dentro do canal de suprimento através de estoques ou por encomenda.

## **CAPÍTULO III**

### **- ESTRATÉGIAS DE SUPRIMENTO DE ALGODÃO NAS INDÚSTRIAS TÊXTEIS CATARINENSES. O ALGODÃO NO BRASIL E NO MUNDO -**

#### **III.1. INTRODUÇÃO.**

Na primeira seção deste capítulo, estudam-se as estratégias usadas no decorrer do tempo pela indústria têxtil catarinense para realizar seus suprimentos de algodão. Como primeira observação, ressalta-se que no estado de Santa Catarina não se pratica a cotonicultura. Assim, a matéria-prima necessária para a indústria têxtil deve ser obtida em princípio em outros estados da Federação, ou deve ser importada.

Dividem-se para este estudo os períodos de tempo mediante datas marcantes onde ocorreram as mais significativas mudanças nas atividades do setor de compras das indústrias têxteis.

A primeira destas datas é o ano de 1982. Logo, tem-se um período até 1982, outro entre 1982 e 1992 e por último tem-se o período posterior a 1992.

Cada um destes três períodos apresenta características especiais que influenciam a definição das estratégias de obtenção da Logística de Suprimento.

Esta seção, faz um diagnóstico das estratégias da obtenção histórica do algodão em pluma no setor de compras das indústrias têxteis. A maioria dos relatos e afirmações colocadas neste capítulo surgiram de entrevistas pessoais com gerentes, e outros funcionários da empresa Hering Têxtil S.A., e também de entrevistas com o diretor da F.B.E.T. (Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis), sediada na cidade de Blumenau.

Na segunda seção deste capítulo apresentam-se alguns dados estatísticos de produção de algodão no Brasil, nos últimos trinta anos.

Na terceira seção, são apresentados alguns dados estatísticos a nível mundial de produção, exportações e importações de algodão.

### **III.1.1.1. PERÍODO ANTERIOR A 1982.**

Antes de 1982, não somente o parque têxtil de Santa Catarina, como em geral o setor têxtil nacional, não importava algodão em pluma. O país era, nesta época, auto-suficiente em relação a este insumo agrícola.<sup>1</sup>

Neste período as necessidades de consumo de algodão em pluma das indústrias têxteis instaladas no Brasil, eram atendidas pelo mercado interno. Além disso, os excedentes da produção anual do produto eram exportados.

Em geral, as compras de algodão no Brasil, são feitas com um planejamento de trinta dias de estoque no mínimo. Planejando-se com quarenta e cinco dias de antecedência, teria-se um tempo com segurança, para fazer o suprimento de algodão.

### **III.1.1.2. PERÍODO ENTRE 1982 ATÉ 1992.**

Neste período aconteceram as mudanças mais significativas no mercado algodoeiro do Brasil.

A partir de 1982 a situação de auto-suficiência começa a se reverter. Em primeiro lugar, ocorre uma queda na produção de algodão do Nordeste brasileiro. Para suprir esta queda na oferta no mercado interno, a indústria têxtil catarinense começa a importar lentamente algodão do Paraguai. Pela primeira vez na história, a indústria têxtil de Santa Catarina recorreu ao mercado externo ou internacional, para realizar seus suprimentos de algodão. Este primeiro contato com o mercado internacional do algodão devido à falta de matéria-prima no mercado interno levou as indústrias têxteis a pensar na hipótese de comprar algodão dos Estados Unidos da América.

Os Estados Unidos ocupam desde 1963, o primeiro lugar no ranking mundial dos países exportadores de algodão, (veja Quadro 4). Além disso, a partir desta data, este país foi algumas vezes, líder em produção anual mundial. A partir de 1980 a China se constituiu no primeiro país produtor mundial de algodão, mas mesmo assim, ela tem necessidade de

---

<sup>1</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Gerente do Dpto. de Compras da Hering Têxtil S.A..

importar algodão para satisfazer o seu consumo interno, (em alguns anos de boa produção, ela tem conseguido exportar um excedente muito pequeno, em relação a sua produção). O caso do Estados Unidos é totalmente oposto, pois o excedente de algodão que eles ofertam no mercado internacional, constitui uma grande parte da sua produção.

Durante este período, a indústria têxtil catarinense comprou uma parte do algodão no Brasil e importou a outra parte do Paraguai. Como o Paraguai teve um crescimento notável na sua produção de algodão, ele pode suprir com sua oferta de algodão o déficit que ocorreu na produção brasileira.

### **III.1.1.3. PERÍODO POSTERIOR A 1992.**

A partir de 1992, praticamente todo o algodão em pluma processado na indústria têxtil catarinense é importado dos Estados Unidos. Neste período se refletem as medidas do governo Collor de cortar os subsídios para a agricultura, com a cotonicultura no Brasil caminhando para a sua extinção. Trata-se, na verdade de uma cultura que emprega muita mão-de-obra (nos países subdesenvolvidos), e requer apoio de constantes pesquisas principalmente na área genética para a produção de sementes.

O algodão é uma cultura que tem altos riscos técnicos, econômicos, e de infraestrutura. Assim, no período que antecede à colheita, em torno de vinte dias em média, o capuz abre e a fibra fica exposta. Esta fibra necessita de determinado nível de umidade ambiente, de sol, e de água. Desta maneira, quando chove em excesso, quando se está muito seco, ou quando há muito sol, os efeitos são trágicos para a planta. Sol ou água em excesso atentam contra a qualidade da fibra de algodão neste crítico período de exposição da fibra antecedente à colheita.

Nos Estados Unidos um cotonicultor médio dispõe no seu microcomputador de informações meteorológicas precisas fornecidas pela rede americana de satélites meteorológicos. Ele possui ainda, programas que vão lhe indicar a data ótima para a colheita da sua lavoura. Isto é um exemplo de infra-estrutura, que o governo americano desenvolveu para proteger sua cultura de algodão ("American cotton fields").<sup>2</sup> Outro grande risco para o agricultor brasileiro diz respeito à variabilidade do preço internacional do algodão, (ver Figura 5). A cultura tem altos custos de mão-de-obra (nos países subdesenvolvidos), e poucos subsídios do governo. Assim, o agricultor opta por outras

---

<sup>2</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Diretor da F.B.E.T.



Pode-se dizer que entre 1992 e meados de 1994 a indústria têxtil catarinense processou praticamente, 100% de algodão importado dos Estados Unidos<sup>5</sup>. Isto, pode ser explicado pelo seguinte fato : o Paraguai contratou um grupo de pesquisadores franceses para desenvolver sua cotonicultura, a qual chegou a representar aproximadamente metade das suas exportações. Estes pesquisadores iniciaram seus trabalhos com o algodão paraguaio, e este país aumentou sensivelmente a sua produção <sup>6</sup>, coincidindo com a época do déficit na produção brasileira.

Mais tarde, o Paraguai decidiu cortar as verbas destinadas às pesquisas. Eles acharam que as sementes desenvolvidas até então já estavam ótimas, sendo necessário unicamente colher e semear novamente. Ocorreu então o caos da atividade algodoeira paraguaia, o que explica a queda de importações provenientes deste país.<sup>7</sup>

Desde meados de 1994 iniciou-se a importação de algodão da Argentina. As empresas continuam também importando algodão americano, contudo em menor quantidade e compram mais ou menos 10 % de suas necessidades no mercado brasileiro, sendo esta a situação atual.

As perspectivas do setor para compras posteriores a dezembro de 1994, são de se incrementar a percentagem de algodão americano, e continuar comprando 10 % das necessidades no mercado interno.

### III.1.2. EXPERIÊNCIAS NO MERCADO INTERNACIONAL.

Para a indústria têxtil catarinense a partir de 1982 o mercado para obter a sua principal matéria-prima, já não é mais o Brasil. A partir desta data o mercado é o mundo, provocando uma mudança de mentalidade dos gerentes de compras, que até então tinham uma visão restrita. Até esse momento eles supriam suas necessidades de algodão comprando no mercado interno. A partir de 1982, tiveram que se adaptar à linguagem do mercado internacional.

O mercado internacional do algodão é basicamente regulado por dois órgãos : a Bolsa de Nova Iorque no que diz respeito ao **preço**, e a Bolsa de Liverpool(UK) que rege as **regras** no comércio internacional, os contratos, etc..

---

<sup>5</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Gerente do Dpto. de Compras da Hering Têxtil S.A..

<sup>6</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Diretor da F.B.E.T..

<sup>7</sup> Atualmente os paraguaios estão pensando em contratar novamente o grupo francês para dar continuidade ao trabalho, principalmente na pesquisa genética, que é de vital importância.

A partir de 1991, o Paraguai atravessa uma crise econômica e social e perde a posição que tinha alcançado dentro do mercado internacional. As verbas para pesquisa são cortadas, possivelmente a área de genética de produção de sementes foi a mais afetada, e as sucessivas safras algodoeiras paraguaias decrescem em quantidade e principalmente em qualidade.<sup>8</sup>

PAIS	1963	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991
Brasil	482	596	672	577	553	943	660	700
Argentina	115	74	85	172	146	171	270	290
Paraguai	11	10	15	32	75	166	215	259
Perú	140	101	68	63	102	96	73	65
Colômbia	72	122	137	139	116	118	140	142
Venezuela	12	13	20	31	17	27	31	23
Equador	5	7	5	11	15	7	13	12
Bolívia	1	4	15	22	7	5	2	9
<b>AMÉRIC A DO SUL</b>	<b>840</b>	<b>926</b>	<b>1.017</b>	<b>1.047</b>	<b>1.029</b>	<b>1.532</b>	<b>1.404</b>	<b>1.500</b>

Quadro 2. Produção sulamericana de algodão em milhares de toneladas.

Fonte : Statistical Yearbooks of United Nations.

É conveniente destacar que para compras de algodão no Paraguai a empresa têxtil catarinense envia um técnico para realizar a classificação do produto na fonte<sup>9</sup>.

No que diz respeito ao segundo fornecedor externo, os Estados Unidos da América, observa-se, contrariamente ao Paraguai, que este país é tradicionalmente produtor e exportador de algodão, (ver Quadros 3 e 4).

Esta cultura é muito protegida nos Estados Unidos. O chamado "American cotton belt", cinturão algodoeiro americano, está formado pelos seguintes estados americanos : Virgínia, N.Carolina, S.Carolina, Geórgia, Flórida, Tennessee, Alabama, Mississippi, Missouri, Arkansas, Lousiana, Kansas, Oklahoma, Texas, New México, Arizona, Nevada e Califórnia (para maiores detalhes ver Apêndice A).

<sup>8</sup> O algodão chegou a representar em torno de 50 % das exportações do Paraguai, na época de maior produção.

<sup>9</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Gerente do Dpto. de Compras da Hering Têxtil S.A..

Os Estados Unidos perderam a partir de 1980 a liderança mundial na produção de algodão para a China, que ocupa desde então o primeiro lugar no ranking mundial de produção de algodão por países, (ver Quadro 3). Porém, desde o início do período em estudo, o ano de 1963, este país ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de exportações, (ver Quadro 4). Desde 1963 os americanos são, com certeza, os que ofertam a maior quantidade de algodão no mercado mundial.

	1963	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991
1	USA	USA	USA	URS	URS	CHI	CHI	CHI
2	URS	URS	URS	CHI	CHI	USA	USA	USA
3	CHI	CHI	CHI	USA	USA	URS	URS	URS
4	IND	PAK						
5	MEX	<b>BRA</b>	PAK	<b>BRA</b>	PAK	PAK	PAK	IND
6	<b>BRA</b>	MEX	<b>BRA</b>	PAK	<b>BRA</b>	<b>BRA</b>	<b>BRA</b>	<b>BRA</b>
7	EGI	PAK	TUR	TUR	EGI	TUR	TUR	TUR
8	PAK	EGI	EGI	EGI	TUR	EGI	EGI	EGI
9	TUR	TUR	MEX	MEX	MEX	MEX	ARG	ARG
10	ARG	ARG	ARG	ARG	ARG	ARG	PAR	PAR

Quadro 3. Ranking mundial de produção de algodão para dez países selecionados em 1963.

Fonte : Statistical Yearbooks of United Nations.

	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991	1992
1	USA							
2	URS							
3	<b>BRA</b>	EGI	TUR	PAK	PAK	IND	PAK	PAK
4	TUR	<b>BRA</b>	PAK	TUR	EGI	PAK	PAR	IND
5	EGI	PAK	EGI	EGI	TUR	PAR	ARG	PAR
6	PAK	TUR	<b>BRA</b>	IND	PAR	ARG	IND	ARG
7	ARG	IND	ARG	<b>BRA</b>	ARG	<b>BRA</b>	<b>BRA</b>	TUR
8	IND	PAR	PAR	ARG	<b>BRA</b>	TUR	TUR	<b>BRA</b>
9	PAR	IND	PAR	IND	EGI	EGI	EGI	ARG

Quadro 4. Ranking mundial de exportações de algodão por países // 1968-1992.

Fonte : FAO Trade Yearbooks (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations).

As referências deste país como fornecedor de algodão em pluma são muito boas.<sup>10</sup> Os Estados Unidos, é o único país que fornece o produto com certificado de classificação segundo normas internacionais, aceitas pela indústria têxtil catarinense. Portanto não há necessidade de se enviar um técnico para realizar a classificação na fonte.

A Argentina ocupa o terceiro lugar no fornecimento de algodão. Ela é um país tradicionalmente produtor de algodão ( ver Quadro 2 e 3), sendo que a sua produção é destinada prioritariamente as suas necessidades internas. Logicamente, os excedentes são exportados. Há uma diferença do caso do Paraguai, onde a produção algodoeira foi incentivada por volta de 1980, com o objetivo prioritário de exportação.

Uma vez que a maior parte da produção é consumida internamente, a Argentina não tem boas referências como fornecedor de algodão em pluma, havendo também necessidade de se enviar um técnico para realizar a classificação do algodão na fonte.

É conveniente dizer que muitas das características da indústria têxtil de Santa Catarina, são válidas para todo o setor têxtil brasileiro que usa como insumo básico o algodão em pluma.

O fato das empresas têxteis terem que buscar sua matéria-prima fora das fronteiras do Brasil a partir de 1982 fez com que seus gerentes de compras ampliassem os horizontes geográficos para garantir os suprimentos. Além disso eles tiveram que se adaptar ao mercado internacional do algodão no que concerne ao preço do produto, que é regulado pela Bolsa de Nova Iorque. A língua inglesa torna-se, a partir desse momento, um poderoso e extremamente necessário instrumento para a realização dos negócios<sup>11</sup>. Para estar bem informados, as publicações do "Cotton Council International" sediado em Washington DC, USA, e outras publicações internacionais relativas ao mercado internacional do algodão, são de muita utilidade.

### **III.2. ALGODÃO NO BRASIL.**

No Brasil existem basicamente dois tipos de algodão : o algodão arbóreo e o algodão herbáceo. O algodão arbóreo é uma cultura permanente ou perene, e para cultivá-

---

<sup>10</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Gerente do Dpto. de Compras da Hering Têxtil S.A..

<sup>11</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com o Gerente do Dpto. de Compras da Hering Têxtil S.A..

lo, prepara-se inicialmente a terra, semeia-se, e realiza-se em seguida as demais tarefas necessárias até a colheita. No ano seguinte, repetem-se somente as atividades de colheita.

O algodão herbáceo é uma cultura temporária, onde é necessário preparar a terra, semear, e colher. No ano seguinte o ciclo se repete.

O algodão arbóreo está hoje praticamente extinto no Brasil. Na Figura 6, pode-se observar que no decorrer do tempo a produção deste algodão vem diminuindo gradativamente. Comparando áreas de plantio iguais, o tipo arbóreo apresenta um índice de produtividade expresso em (Kg/ha), em geral, muito baixo em relação ao algodão herbáceo.

Na Figura 6, pode-se acompanhar também, a evolução da produção de algodão herbáceo no Brasil. Apresenta-se além disso, o total de produção de algodão em caroço, que é a soma de ambos os tipos de algodão.

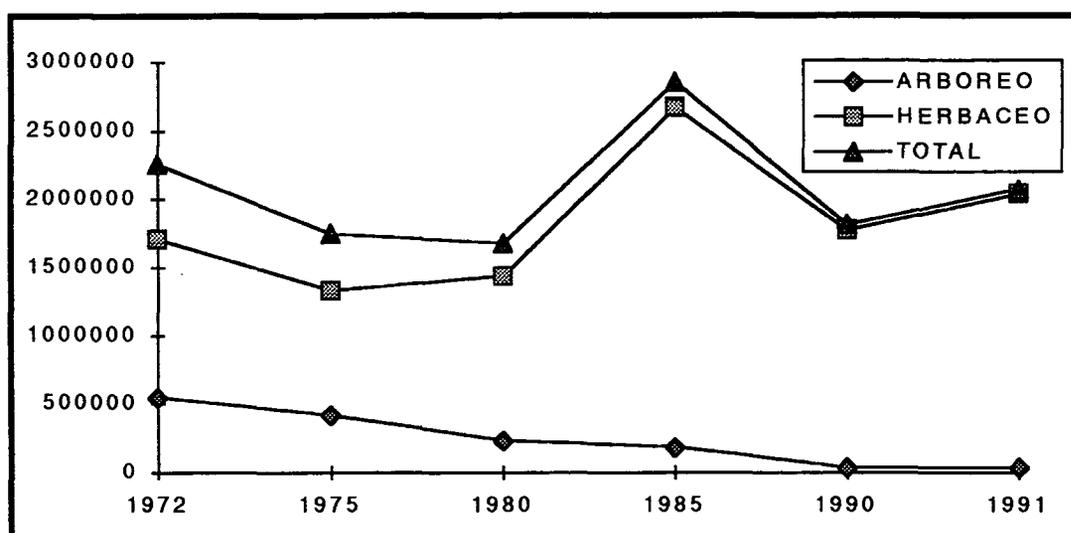


Figura 6. Produção de algodão arbóreo e herbáceo (em caroço) em toneladas no Brasil, período 1972-1991.

Fonte : Anuários Estatísticos do Brasil do IBGE.

O algodão em caroço é o produto que resulta da colheita, seja esta realizada de forma manual, ou mediante o emprego de colheitadeira mecânica. Este algodão não é exatamente o insumo que a indústria têxtil vai processar. Para esta, o que interessa é o chamado algodão em pluma, que deve apresentar determinadas características técnicas mínimas para que possa ser usado como insumo na produção de fios de algodão.

Quando se realiza a colheita do algodão, seja qual for o tipo e o procedimento empregado, obtem-se o algodão em caroço. Este último passa por um processo de

beneficiamento mecânico para obter o algodão em pluma. Em média, do beneficiamento de algodão em caroço se obtém aproximadamente 30 % de algodão em pluma <sup>12</sup>.

A produção de algodão no Brasil, ao longo do nosso período de estudo, apresentou mudanças significativas a nível regional. Para compreender melhor estas mudanças, apresenta-se uma distribuição regional da produção, na Figura 7. Um dos fatores mais importantes que podem ser observados concerne a produção da região Nordeste. Em 1963, ela representava 42 % da produção brasileira de algodão, caindo em 1991 para apenas 12 % do total da produção brasileira. Esta queda de produção da região Nordeste é um fato importante a destacar em nosso período de estudo.

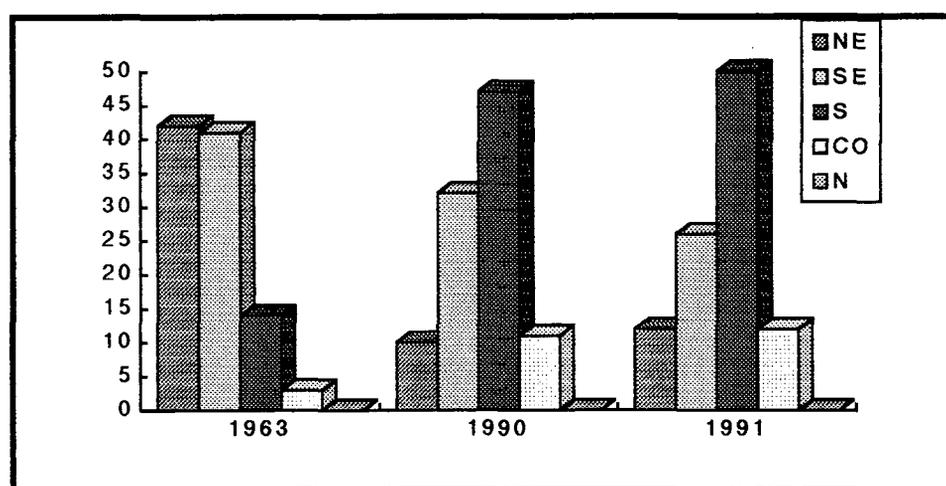


Figura 7. Participação percentual por regiões na produção brasileira de algodão (em caroço) para os anos de 1963, 1990 e 1991.

Fonte : Anuários Estatísticos do Brasil do IBGE.

A região Sudeste produzia em 1963, 41 % do total de algodão produzido pelo Brasil. Em 1991, ela contribuía com 26 % do total de algodão produzido. Houve queda na produção da região Sudeste, mas ela é pequena se comparada com a queda observada para a região Nordeste. Em 1990 por exemplo, a contribuição da região Sudeste foi de 32 % ao total nacional, enquanto que a contribuição da região Nordeste em 1990 foi de 10 % (menos ainda que em 1991).

No que diz respeito à região Sul, vale ressaltar que ela produzia em 1963, 14 % do total de algodão do Brasil. Já em 1991, esta região era responsável por 50 % da produção

<sup>12</sup> De acordo com as entrevistas pessoais mantidas com um funcionário da Hering Têxtil S.A., classificador de algodão.

nacional, é oportuno destacar que em produção de algodão da região Sul é originada unicamente no estado do Paraná.

A região Sul é desta maneira, a região que apresenta o maior crescimento percentual de produção de algodão para o período de estudo.

Passando agora à região Centro-Oeste, observa-se que ela contribuía em 1963 com apenas 3 % do total de algodão produzido no Brasil. Em 1991, a mesma produzia 12 % do total nacional, igualando a contribuição da região Nordeste. (Figura 7).

A região Norte não contribuiu muito com a cotonicultura brasileira. Tanto em 1963 como em 1991, sua contribuição à produção foi praticamente nula estatisticamente. Em 1963, a região Norte produziu 563 toneladas de algodão em caroço. Em 1991 esta mesma região contribuiu com 2.920 toneladas de algodão em caroço da produção nacional (Quadro 5).

REGIÃO	1963	1972	1980	1991
Norte	563	1.009	3.362	2.920
Nordeste	832.180	882.485	384.024	256.102
Sudeste	799.821	719.169	589.759	545.585
Centro-Oeste	54.857	232.595	137.220	247.666
Sul	269.474	419.875	561.519	1.024.111
<b>BRASIL</b>	<b>1.956.895</b>	<b>2.255.133</b>	<b>1.675.884</b>	<b>2.076.384</b>

Quadro 5. Produção de algodão em caroço em toneladas, por regiões // 1963-1991.

Fonte : Anuários Estatísticos do Brasil do IBGE.

### III.3. ALGODÃO NO MUNDO.

Existe uma grande variedade de tipos de algodão, além dos tipos arbóreo e herbáceo. Esta classificação é feita apenas em relação ao tipo de cultura, ou seja, a primeira é uma cultura permanente e a segunda é uma cultura temporária. No Brasil existem muitos tipos de algodão com diferentes nomes, e a nível mundial temos uma diversidade bastante grande de tipos de algodão.

Para a indústria têxtil, o que interessa é o chamado algodão em pluma, que logo após ser beneficiado a partir do algodão em caroço, é enfardado. Ele está em condições de

ser empregado como matéria-prima para estas indústrias, sempre que cumprir requisitos mínimos ou aceitáveis de qualidade.

O ranking apresentado no Quadro 3, está baseado na seleção dos países que em 1963 eram os 10 maiores produtores de algodão no mundo. A seguir no Quadro 6, apresenta-se o ranking mundial de produção por países para 1991. Observa-se que a situação não tem variado muito. O caso da Austrália a nível mundial, não está contemplado no ranking mostrado no Quadro 3.

A Austrália desde 1986 pertence ao grupo dos dez primeiros países produtores no mundo. Isto tem provocado o avanço da Oceania no ranking de produção por continentes, (Quadro 8). Este fato tem sido apreciado com interesse pela indústria têxtil catarinense, pois a Austrália pode se tornar um possível fornecedor. Em princípio a distância marítima é uma barreira a considerar. Um outro fator importante diz respeito ao surgimento de um novo ponto de oferta de algodão próximo dos grandes importadores de algodão a nível mundial, o Japão e os " Tigres Asiáticos ", (ver Quadro 11). Por estes motivos, parece ser inviável a primeira vista que a Austrália venha a se tornar fornecedor de algodão em pluma para a indústria têxtil catarinense.

POSIÇÃO	PAIS	PRODUÇÃO EM 1991
1	China	5.663
2	Estados Unidos	3.663
3	URSS	2.420
4	Pakistão	2.112
5	Índia	1.700
6	<b>Brasil</b>	<b>700</b>
7	Turquia	565
8	Austrália	433
9	Egito	294
10	Argentina	290

Quadro 6. Os dez países maiores produtores de algodão no mundo em 1991, (quantidades expressas em milhares de toneladas).

Fonte : Statistical Yearbook of the United Nations, thirty-eighth issue, N.Y., 1993.

<b>CONTINENTE</b>	<b>1963</b>	<b>1972</b>	<b>1980</b>	<b>1991</b>
Asia (AA)	3.333	4.699	5.616	10.531
América do Norte (AN)	3.951	3.627	3.045	4.099
América do Sul (AS)	840	1.017	1.029	1.500
URSS (UR)	1.701	2.356	2.804	2.420
Europa (EU)	210	214	190	283
Africa (AF)	927	1.328	1.220	1.375
Oceania (OC)	4	44	83	433
<b>MUNDO</b>	<b>10.965</b>	<b>13.286</b>	<b>13.986</b>	<b>20.641</b>

Quadro 7. Produção mundial de algodão por continentes em milhares de toneladas para o período [1963-1991]. Fonte : Statistical Yearbooks of United Nations.

	<b>1963</b>	<b>1968</b>	<b>1972</b>	<b>1975</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
<b>1</b>	AN	AA						
<b>2</b>	AA	AN	AN	UR	AN	AN	AN	AN
<b>3</b>	UR	UR	UR	AN	UR	UR	UR	UR
<b>4</b>	AF	AF	AF	AF	AF	AS	AS	AS
<b>5</b>	AS	AS	AS	AS	AS	AF	AF	AF
<b>6</b>	EU	EU	EU	EU	EU	EU	OC	OC
<b>7</b>	OC	OC	OC	OC	OC	OC	EU	EU

Quadro 8. Ranking mundial de produção de algodão por continentes // 1963-1991.

Fonte : Statistical Yearbooks of United Nations.

### III.3.1. PRODUÇÃO DE ALGODÃO NA AMÉRICA DO SUL.

São apresentados a seguir os dados de produção no continente sulamericano, visando conhecer melhor a situação dos países vizinhos do Brasil. No Quadro 2, apresentaram-se os dados de produção de algodão na América do Sul para o período de estudo. No Quadro 9, apresenta-se o ranking sulamericano de produção de algodão por países.

	1963	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991
1	BRA							
2	PER	COL	COL	COL	ARG	ARG	ARG	ARG
3	ARG	PER	ARG	ARG	COL	PAR	PAR	PAR
4	COL	ARG	PER	PER	PER	COL	COL	COL
5	PAR	VEN	VEN	PAR	PAR	PER	PER	PER
6	VEN	PAR	PAR	VEN	VEN	VEN	VEN	VEN
7	EQU	EQU	EQU	BOL	EQU	EQU	EQU	EQU

Quadro 9. Ranking sulamericano de produção de algodão por países // 1963-1991.

Fonte : Statistical Yearbooks of United Nations.

### III.3.2. MERCADO INTERNACIONAL DO ALGODÃO.

Apresentam-se a seguir dados de exportações de algodão. O Quadro 10, mostra dados de exportações mundiais de algodão em pluma, para nove países selecionados. Este Quadro compreende o período de 1968 até 1992. No Quadro 4, apresentou-se o ranking mundial de exportações de algodão em pluma por países exportadores.

PAIS	1968	1975	1985	1992
Estados Unidos	676.279	871.054	1.094.585	1.412.744
URSS	516.500	800.247	658.674	600.000
Pakistão	135.100	200.444	257.588	455.217
Índia	11.127	25.011	75.000	354.000
Turquia	309.564	241.700	124.789	33.954
<b>Brasil</b>	<b>342.833</b>	<b>107.202</b>	<b>86.574</b>	<b>31.118</b>
Egito	285.250	185.100	143.833	15.541
Argentina	52.080	65.806	90.476	79.315
Paraguai	10.421	26.525	158.785	185.135

Quadro 10. Exportações mundiais de algodão em toneladas por países // 1968-1992.

Fonte : FAO Trade Yearbook. (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Apresentam-se a seguir dados de importações mundiais de algodão. O Quadro 11, mostra dados de importações de algodão em pluma, para onze países seleccionados. Este Quadro compreende o período de 1968 até 1992. No Quadro 12, apresenta-se o ranking mundial de importações de algodão em pluma por países importadores. Nos Quadros 10 e 11 foram escolhidos apenas quatro anos do nosso período de estudo.<sup>13</sup>

PAIS	1968	1975	1985	1992
Japão	768.721	692.010	680.967	549.378
China	213.043	340.089	287.998	575.209
Rep. da Korea	106.068	176.810	361.356	383.024
Indonésia	15.668	81.091	128.555	433.084
Tailândia	34.170	77.001	132.170	414.089
Itália	231.554	194.964	257.044	314.870
Hong Kong	163.034	241.297	199.355	218.321
Alemanha	359.471	328.154	356.664	202.620
Portugal	91.716	91.889	168.006	164.569
França	241.333	213.824	159.155	126.132
<b>Brasil</b>	<b>652</b>	<b>551</b>	<b>20.636</b>	<b>150.000</b>

Quadro 11. Importações mundiais de algodão em toneladas por países // 1968-1992.

Fonte : FAO Trade Yearbook. (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations).

### III.3.2.1. ALGUMAS ANÁLISES DO MERCADO INTERNACIONAL DE ALGODÃO.

Para finalizar o capítulo, fazem-se algumas análises a nível macro do mercado internacional de algodão. Na primeira seção deste capítulo analisou-se os Estados Unidos da América como fornecedor de algodão da empresa têxtil pesquisada. Nesta seção pretende-se fazer uma análise do país mencionado, dentro do mercado internacional. Os Estados Unidos lideraram a produção mundial de algodão até 1972 aproximadamente (ver Quadro 3). Sua pior posição na produção mundial do produto foi terceiro, no período

<sup>13</sup> O leitor interessado pode encontrar maiores detalhes em relação com produção, exportações e importações no Apêndice A.

estudado. Ele lidera para todo o período em estudo o ranking mundial de países exportadores de algodão, Quadro 4. Isto significa que é o país que oferece a maior fatia de algodão historicamente no mercado internacional. É auto-suficiente em relação ao produto, isto equivale a dizer que historicamente, este país jamais recorreu a importações de algodão. Das considerações anteriores, pode-se compreender porque os Estados Unidos tem muita influência com relação a fixação de preços do algodão no mercado internacional.

	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991	1992
1	JAP	JAP	JAP	CHI	JAP	CHI	CHI	CHI
2	ALE	CHI	CHI	JAP	RKO	JAP	JAP	JAP
3	FRA	ALE	ALE	RKO	ALE	RKO	RKO	INO
4	ITA	FRA	HKO	ALE	CHI	INO	INO	TAI
5	CHI	ITA	FRA	ITA	ITA	ITA	TAI	RKO
6	HKO	HKO	ITA	HKO	HKO	TAI	ITA	ITA
7	RKO	POR	RKO	FRA	POR	ALE	ALE	HKO
8	POR	RKO	POR	POR	FRA	HKO	HKO	ALE
9	TAI	TAI	INO	INO	TAI	POR	POR	POR
10	INO	INO	TAI	TAI	INO	FRA	FRA	<b>BRA</b>
11	<b>BRA</b>	FRA						

Quadro 12. Ranking mundial de importações de algodão por países // 1968-1992.

Fonte : Trade Yearbooks. (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Passamos agora a considerar a antiga União Soviética, país que lidera a produção mundial de algodão entre 1975 e 1980 (Quadro 3), perdendo este lugar de privilégio em 1985. Sua pior posição no ranking mundial de produção de algodão é terceiro, para o período em estudo. Vale ressaltar que a União Soviética é o segundo exportador mundial de algodão, logo atrás dos Estados Unidos. É bom observar que por exemplo para o ano de 1992, a oferta americana foi de 1.412.744 toneladas, contra uma oferta russa de 600.000. Estes números confirmam os russos no seu histórico segundo lugar no ranking mundial de exportações em 1992 (Quadro 4). Assim, existe uma diferença nas quantidades ofertadas no mercado internacional de 812.744 toneladas de algodão, que esta traduzida em dólares americanos, ao preço médio histórico de 62 centavos por libra, representa para esse ano,

mais de um trilhão de dólares americanos ( exatamente, US\$ 1.110.893.474,00), conforme mostra o Quadro 10.

O país é historicamente auto-suficiente, isto é, no período em estudo, ele jamais necessitou de importações de algodão para suprir seu mercado interno.

Analisa-se agora a China, que desde 1985 é o maior produtor mundial de algodão (ver Quadro 3). Sua pior colocação no ranking mundial dos países produtores, foi terceiro, de maneira idêntica aos Estados Unidos e à União Soviética. Apesar de ser hoje o primeiro produtor mundial de algodão, este país é historicamente importador do produto. Em 1980 a China liderou, e lidera desde 1990 o ranking mundial de importações de algodão (Quadro 12). Então, historicamente a China está entre os três maiores produtores mundiais, e por sua vez é um país do círculo dos quatro ou cinco principais países importadores mundiais. Atualmente a China lidera ambas as classificações, sendo o primeiro produtor mundial e o primeiro importador mundial.

Um país que ingressou a pouco tempo no mercado internacional do algodão é a Austrália. Com isto a Oceania melhorou sua classificação no ranking mundial de produção por continentes (Quadro 8). A Austrália é um jovem produtor de algodão. As perspectivas neste país em relação ao desenvolvimento da cotonicultura são excelentes, pois está localizada muito próximamente dos grandes consumidores mundiais do produto. A Austrália em 1991 já ocupava o oitavo lugar na produção mundial (Quadro 6), crescendo de forma sustentada. A princípio, a distância que separa ambos países, pode ser um fator negativo para as indústrias têxteis brasileiras comprar algodão na Austrália.

No que diz respeito ao Brasil, observa-se que ele é um país tradicionalmente produtor e exportador de algodão. Até 1991 se mantém no sexto lugar na produção mundial, (Quadro 6). É a sua posição histórica, pois sempre ocupou o sexto lugar na produção mundial para o período estudado com exceção dos anos 1968 e 1975, nos quais ficou em quinto lugar (Quadro 3). Analisando as suas exportações, observa-se que elas vem caindo ano a ano de volume exportado; em 1968 este país ocupava o terceiro lugar nas exportações mundiais e em 1992 caiu para o oitavo lugar (Quadro 4). Apesar disso, pode-se dizer que o país se mantém como líder na produção na América do Sul (Quadro 2). No entanto no que concerne às exportações na América do Sul em 1992, observa-se que o Brasil ocupa o terceiro lugar depois do Paraguai e da Argentina (Quadro 4).

Durante o período estudado as suas importações vêm crescendo de forma sustentada, importando mais algodão que a França, por exemplo em 1992 (Quadro 11).

## CAPÍTULO IV

### - MODELAGEM MATEMÁTICA E METODOLOGIA PROPOSTA-

#### IV.1. INTRODUÇÃO.

No presente capítulo apresentam-se os modelos matemáticos escolhidos para representar e resolver o problema logístico da indústria têxtil catarinense para realizar seu suprimento de algodão, a sua matéria-prima básica.

Trata-se o problema como sendo de fluxos dinâmicos em redes, onde busca-se o roteamento ótimo, com restrições de janelas de tempo.

A partir da rede logística representativa do problema em estudo (modelagem logística), transforma-se esta numa rede espaço-temporal. Em seguida, o algoritmo de Dijkstra é aplicado para encontrar os roteiros ótimos, as soluções ótimas do problema proposto.

#### IV.2. LITERATURA.

De acordo com Netto, M.A.C.(27), na resolução dos problemas de roteirização com janelas de tempo, são usados tradicionalmente algoritmos de otimização baseados em dois princípios da enumeração implícita : a) programação dinâmica e b) técnica "branch and bound". A programação dinâmica tem aplicação prática em problemas de pequeno porte, (ver [Desrochers, M. e Soumis, F.(11)] ), sendo usada na solução de problemas de roteamento de um único veículo que aparecem como subproblemas nas soluções usando a técnica de "branch and bound".

Duas abordagens específicas utilizam o princípio de solução da técnica "branch and bound" :

(i) os problemas de particionamento (set partitioning approach), tratados por geração de colunas, para obter uma relaxação contínua do problema de "branching and bounding" para a integralidade da solução, e

(ii) a abordagem da relaxação de estados finitos (state space relaxation), para calcular limites inferiores (lower bounds), para a solução.

Alguns autores, tais como Desrosiers, J. et al. (14), estudaram a relaxação lagrangeana das restrições do problema. Neste caso, se não for obrigatória uma visita a

cada cliente do roteiro, o problema lagrangeano é encontrar o caminho mais curto com janelas de tempo.

Recentemente os problemas de distribuição com janelas de tempo têm sido resolvidos por técnicas heurísticas. Solomon, M. (39), por exemplo, utiliza um algoritmo de inserção seqüencial espaço-tempo. Isto também é encontrado nos trabalhos de Koskosidis, A. et al. (22), e de Solomon, M. et al. (41).

Alguns trabalhos como os de Min, H. e Cooper, M. (25), e Ronen, D. (35) sugerem tratamento do problema de roteirização com janelas de tempo integrado ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão.

Os métodos de resolução destes problemas são basicamente dois : o método lagrangeano no qual é associado um multiplicador a cada uma das restrições temporais e então se resolve o problema resultante (problema do caminho mais curto) e o método da programação dinâmica, com rotulações de tempo e custo associadas aos pontos da rede.

Nos problemas de roteamento de veículos e distribuição de cargas com janelas de tempo, o tempo pelo qual os carregamentos e ou serviços devem chegar e ou começar são variáveis de decisão, restritas pelas janelas de tempo (ver Golden, B. e Bodin, L. (18)). No problema de importação de remessas de carga, o tempo de armazenagem nos locais da rede é variável de decisão, limitada inferiormente pelo tempo de permanência obrigatória nesses locais e dependente da frequência dos serviços de transporte marítimo e continental. O tratamento destes tempos, aliado às restrições de capacidade de transporte na modelagem de problemas de roteamento envolvendo linhas de navegação, pode significar mudanças na estrutura básica do problema geral de distribuição com janelas de tempo (ver Solomon, M. e Desrosiers, J. (41), Psaraftis, H. et al, (33)).

### **IV.3. CONCEPÇÃO ADOTADA NESTE TRABALHO.**

Neste trabalho as importações de remessas de carga (algodão), realizadas pelas indústrias têxteis de Santa Catarina, são tratadas da seguinte maneira :

(i) é considerada a armazenagem intermediária em pontos do percurso (e permanência obrigatória, eventualmente);

(ii) é considerada a descontinuidade da oferta de serviços de transporte (principalmente em relação ao transporte marítimo).

Estes fatores diferenciam este trabalho dos referenciados anteriormente.

#### **IV.4. DEFINIÇÕES INICIAIS.**

Define-se a rede logística do problema de importação de remessas de carga (algodão) com base em um grafo orientado  $G = \{N, A\}$ , onde  $N = \{1, \dots, n\}$  é o conjunto de nós e  $A$  é o conjunto de arcos ou arestas, sendo que :

(i) os locais da rede física (origens, destino, portos, etc.) corresponderão aos nós da rede logística, e

(ii) as ligações entre os locais da rede física corresponderão aos arcos da rede logística considerada desagregada. Assim, um caminho desta rede equivale a um arco da rede logística (agregada).

As linhas de navegação do transporte marítimo de serviços regulares serão associadas a arcos na rede logística. Se houver portos de escala dos navios no continente de origem (ou de destino) as linhas regulares deverão ser associadas a múltiplos arcos, conforme esclarece o esquema apresentado na Figura 8. As rotas viáveis da rede logística são compostas por sequências de arcos capazes de transportar, passando por nós capazes de estocar os lotes destinados ao importador. Ao se fazer a associação da rede logística à rede física, é preciso observar com cuidado o caso dos portos de exportação/importação; em nosso caso isto não acontece, já que cada porto integrante da nossa rede tem uma única finalidade perfeitamente definida. Os portos brasileiros serão sempre portos de importação e os portos estrangeiros serão sempre portos de exportação. No caso geral alguns destes locais podem ter múltipla função (por exemplo : voltando ao caso dos portos, estes podem ter função de importação/exportação). Nestes casos o local deverá ser associado a mais de um nó da rede logística, um nó por função do local físico.

#### **IV.5. O MODELO DE IMPORTAÇÃO DE REMESSAS DE ALGODÃO COMO UM PROBLEMA DE FLUXO DINÂMICO.**

Os problemas de fluxo dinâmico em redes caracterizam-se pelo movimento de cargas ou veículos entre os diferentes pontos de uma rede através do tempo.

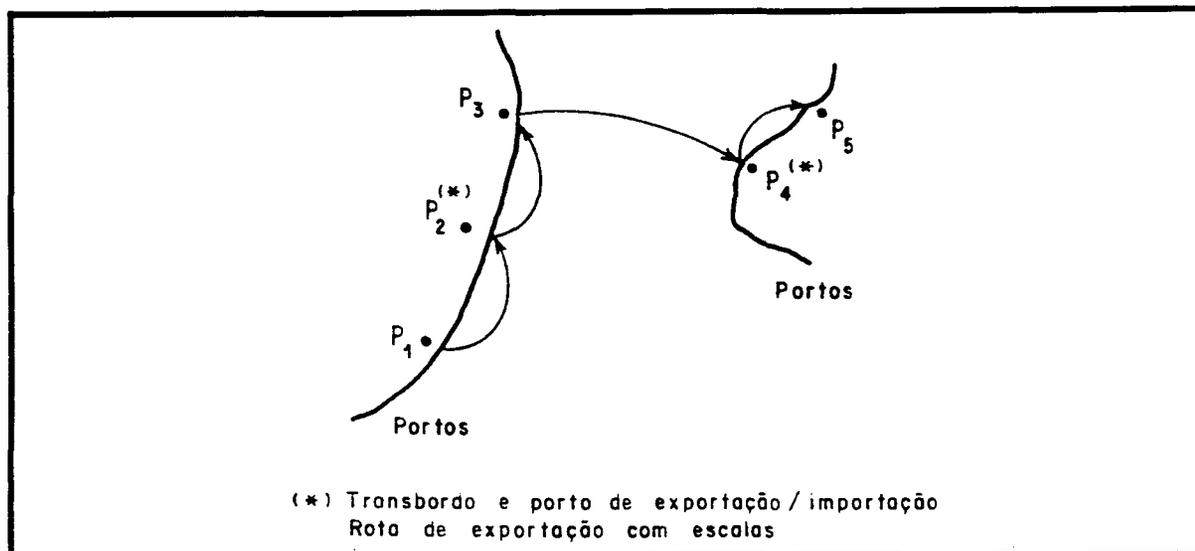


Figura 8. Detalhe de nós com funções múltiplas, na construção de uma rede.

Fonte : [ Netto, M.A.C. (27)].

Estes movimentos são representados numa rede denominada rede espaço-temporal, construída a partir da rede física do problema. Isto se deve ao que consideramos de movimentos "no tempo", ou seja, se uma carga ou veículo deixa um ponto da rede física em um determinado instante de tempo, esta carga ou veículo só poderá alcançar outro local ou eventualmente retornar ao ponto de partida em um instante de tempo posterior.

Cada movimento viável da carga(veículo) será representado por um arco ligando dois pontos da rede espaço-temporal. O primeiro extremo deste arco representa o lugar no instante de tempo inicial da carga, e o segundo extremo do arco representa o lugar(eventualmente o mesmo) num instante de tempo posterior da carga. Então, se a carga em um destes arcos não mudou de lugar e obviamente mudou seu tempo, está-se representando uma armazenagem intermediária. Se ocorre mudança no local e no tempo está-se representando um transporte efetivo da carga.

O movimento da carga(veículo) através da rede será representado pelo fluxo  $f$ , composto de uma sucessão de arcos do tipo acima, constituindo os percursos viáveis na rede, como mostra a Figura 9. A permanência (armazenagem ou espera) num determinado local físico é representada por arcos "verticais" ligando dois pontos da rede espaço-temporal.

As redes espaço-temporais não possuem ciclos. Seus nós são numerados com a condição de que os extremos iniciais dos arcos sempre tenham índices menores do que os extremos finais, em outras palavras, para todo arco  $(i, j)$ ,  $i \leq j, \forall i, j \in N$ .

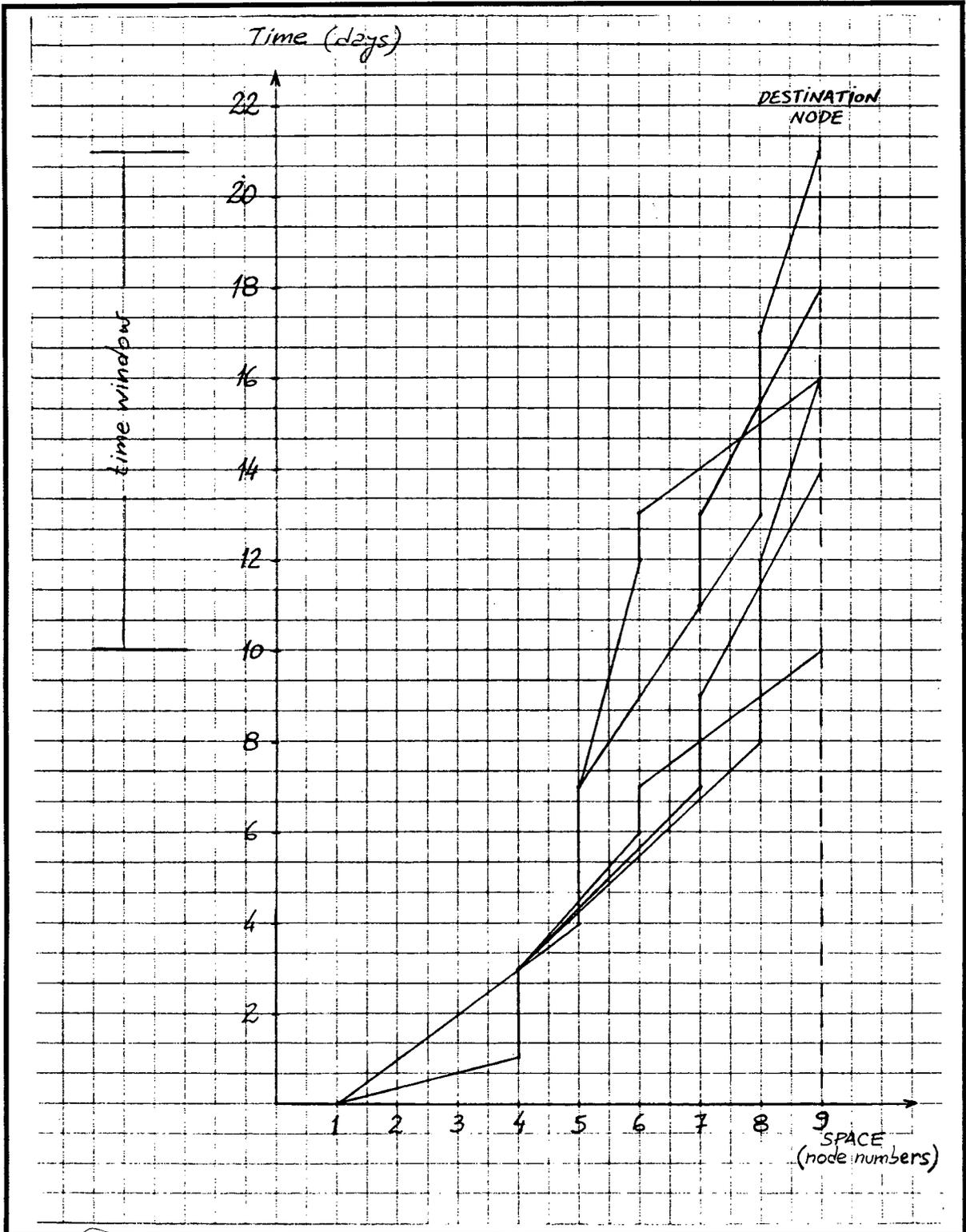


Figura 9. Representação gráfica parcial da rede espaço-temporal, correspondente à rede logística mostrada na Figura 10. (Somente é considerado do nó 1 até o nó 9).

#### IV.5.1. A REDE ESPAÇO-TEMPORAL DO PROBLEMA DE SUPRIMENTO DE ALGODÃO.

O problema de importação de remessas de containers de algodão pode ser tratado como um problema de fluxo dinâmico em redes. Então, para um determinado horizonte de tempo, todos os movimentos possíveis podem ser representados por uma rede espaço-temporal associada à rede física representativa do problema particular em estudo.

A rede espaço-temporal é construída a partir da rede logística associada às ligações diretas da rede física original do problema. Esta rede espaço-temporal é formada de nós "lugar no tempo" e arcos direcionados e tem as seguintes características:

(i) cada nó  $(i, t)$  representa um determinado lugar  $i$  num determinado instante de tempo  $(t)$ ;

(ii) cada arco representa um caminho direto, com comprimento correspondente a  $w$  unidades de tempo, conectando um par de nós.

Basicamente tem-se três tipos de arcos de acordo com os eventos que devem ser representados :

(a) arco de transporte efetivo, conectando os nós  $(i, t)$  e  $(j, t + w(i, j))$ , sendo  $j \neq i$ ,

onde :

$w(i, j)$  = intervalo de tempo requerido para realizar o transporte no arco  $(i, j)$  na rede logística;

(b) arco de permanência obrigatória, conectando os nós  $(i, t)$  e  $(j, t + t_{oi})$ , sendo  $t_{oi} \neq 0, j = i + 1$ ,

onde :

$t_{oi}$  = tempo de permanência obrigatória da remessa de carga no nó  $i$  da rede logística;

(c) arco de armazenagem intermediária, conectando os nós  $(i, t)$  e  $(i, t + w(i, i))$ ,

onde :

$w(i, i)$  = intervalo de tempo de armazenagem intermediária no nó  $i$  da rede logística.

Para a aplicação do algoritmo de solução, em geral, é necessário introduzir um nó de destino fictício ligado por arcos de igual custo (zero, por exemplo) aos nós "lugar no tempo" de destino do problema de importação.

A rede espaço-temporal assim definida tem propriedades que facilitam a sua construção com uma redução de tamanho; e isto traz como consequência também a redução de complexidade do algoritmo de solução; tais como :

(a) possibilidade de definição de envoltórias na rede espaço-temporal, (ver Fig. 9) por linha de navegação definida pelo par (data de saída do primeiro navio, frequência de viagem no porto de importação);

(b) existência de paralelismo entre arcos representando o mesmo evento, e

(c) o tamanho, o número de nós e arcos da rede pode ser reduzido (rede espaço-temporal viável) pela utilização de limites de tempo ou janelas de tempo. Obtidos a partir da data contratada (data de entrega da carga no destino), das datas de oferta dos serviços de transporte e, da data mais recente de disponibilidade da remessa na origem.

Os pontos da rede física com mais de uma função são desmembrados previamente à construção da rede espaço-temporal (na construção da rede logística). A janela de tempo no destino vai determinar a viabilidade na rede espaço-temporal de alguns nós de "destino na data de entrega". Somente alguns nós "lugar no tempo" atendem à janela de tempo e fazem parte da rede viável.

O problema de transporte e estocagem olhado deste ângulo, consiste em encontrar o caminho mais curto entre a "origem no tempo inicial" e o "destino fictício", numa rede espaço-temporal na qual os arcos têm associados os custos de transporte e de armazenagem intermediária.

#### **IV.5.2. O ALGORITMO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA.**

O problema de encontrar o caminho mais curto aparece como um subproblema durante a construção dos roteiros dos veículos no problema geral de roteamento de veículos(cargas) com janelas de tempo. Vários métodos [Desrochers, M. e Soumis, F.(11)]

têm sido desenvolvidos para resolver o problema de encontrar o caminho mais curto com restrições de janelas de tempo (ou problemas similares). A solução é obtida aplicando o algoritmo de Dijkstra em uma rede espaço-temporal formada por nós viáveis (ver Minoux, M. e Gondran, M. (26)).

Apresenta-se a seguir a fundamentação matemática teórica do algoritmo de Dijkstra, que foi o escolhido, para a solução do problema em estudo.

Dado um grafo  $G ( N, A )$ , sejam uma função  $\delta$  tal que associe a cada arco  $( n_i, n_j ) \in A$  um número real não negativo  $\delta ( n_i, n_j )$  e um nó fixo  $n_0$ , chamado fonte. O algoritmo de Dijkstra, publicado em 1950, resolve o problema de encontrar os caminhos que fazem mínimo o somatório das  $\delta ( n_0, n_i )$  dos arcos envolvidos, ou seja, com  $i$  pertencente ao caminho mínimo. Em geral essa função  $\delta$  é chamada de distância, então o algoritmo de Dijkstra resolve o problema de encontrar o caminho de distância mínima entre qualquer nó do grafo até o nó fonte  $n_0$ .

Isto também é equivalente a determinar um caminho  $n_0, n_1, \dots, n_k$  tal que :

$$\sum_{i=0}^{k-1} \delta(n_i, n_{i+1}) \text{ seja mínimo.}$$

O algoritmo de Dijkstra tem a seguinte idéia. Considere um digrafo  $G ( N, A )$ , um nó fonte  $n_0$  escolhido arbitrariamente e uma função  $\delta$  que associe cada arco a um número real não negativo, isto é,

$$\delta ( n_i, n_j ) = \begin{cases} \infty, & \text{se não existe o arco } ( n_i, n_j ) \\ 0, & \text{se } n_i = n_j \\ \delta \geq 0, & \text{se } n_i \neq n_j \text{ e existe o arco } ( n_i, n_j ) \end{cases}$$

Define-se um conjunto de nós  $S$ , tal que  $S \subseteq N$ . No início o conjunto  $S$  só contém o nó fonte  $n_0$ . A cada passo se adiciona ao conjunto  $S$  o nó  $n_i$  pertencente a  $\{N-S\}$  tal que a distância do caminho de  $n_0$  a  $n_i$ , seja menor do que o correspondente de qualquer outro nó de  $\{N-S\}$ .

Pode-se garantir que o caminho mínimo entre  $n_0$  e qualquer nó  $n_i$  em  $S$  contém somente nós pertencentes ao conjunto  $S$ .

### IV.5.3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NUMA REDE LOGÍSTICA.

Para exemplificar a metodologia proposta vamos considerar neste item uma rede logística simples. A Figura 10 mostra uma rede logística representativa de um problema análogo ao estudado. A rede é extremamente simples, porém o objetivo aqui é esclarecer a metodologia de resolução proposta nesta dissertação.

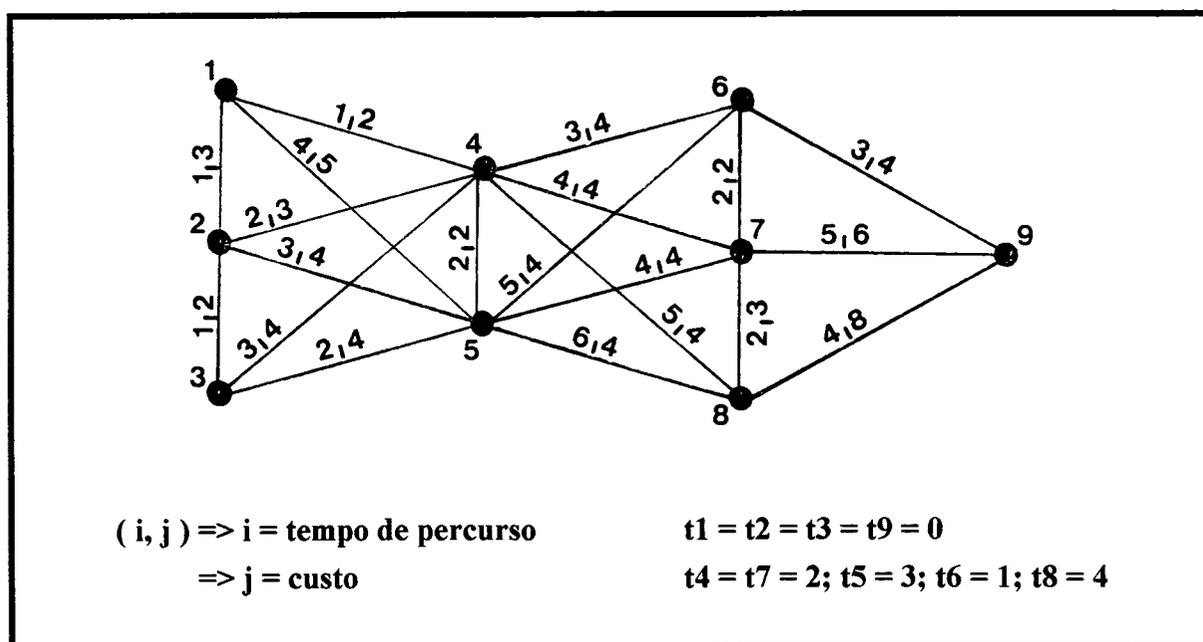


Figura 10. Rede logística representativa (modelagem logística). Grafo composto por 9 nós e 20 arcos.

O primeiro passo consiste em construir, a partir desta rede física (modelagem logística) representativa do problema, uma rede espaço-temporal (parte desta rede espaço-temporal foi mostrada na Figura 9). Vale ressaltar que mediante esta transformação o problema é simplificado, já que na rede espaço-temporal são representados somente os movimentos ou ligações possíveis. Em geral, a rede espaço-temporal é uma rede com menor grau de complexidade e contém exatamente a mesma informação logística do problema em estudo. Assim, à medida que cresce o grau de complexidade em problemas logísticos de maior porte, com esta transformação, consegue-se, em geral, resolver o problema aplicando o algoritmo numa rede menos complexa.

Em seguida, aplica-se o algoritmo de Dijkstra, e obtêm-se as melhores soluções espaço-temporais e de custo. Estas são as melhores soluções logísticas do problema em estudo. A Figura 11, através de um simples diagrama de blocos, ajuda a compreender a metodologia de trabalho proposta nesta dissertação.

Para simplificar, mostram-se algumas das alternativas possíveis de caminhos partindo do nó 1 para chegar ao nó 9, (Figura 10). Na construção da rede espaço-temporal somente se consideram as ligações viáveis. Isto em geral faz com que a rede espaço-temporal assim construída seja menos complexa do que a rede física representativa do problema real.

É bom notar que para o grafo simples considerado neste exemplo, tem-se uma rede espaço-temporal com certa complexidade. Pode-se imaginar então, o crescimento de complexidade em redes logísticas de porte médio, envolvendo, por exemplo, 100 nós.

Isto evidencia que sem apoio de computadores e de programas adequados, seria impossível pensar em soluções como a apresentada neste trabalho. Eles também permitem o gerenciamento dinâmico do suprimento de algodão, onde o sistema deve responder quase que em tempo real para o usuário tomar as decisões logísticas ótimas. Isto só é, obviamente, possível graças a estas máquinas que calculam extremamente rápido e com excelente grau de precisão. Baseado neste fato, pode-se dizer que a Logística está na era dos modelos ou soluções de terceira geração, desenvolvendo modelos e soluções muito flexíveis, voltados ao gerenciamento dinâmico dos sistemas logísticos.

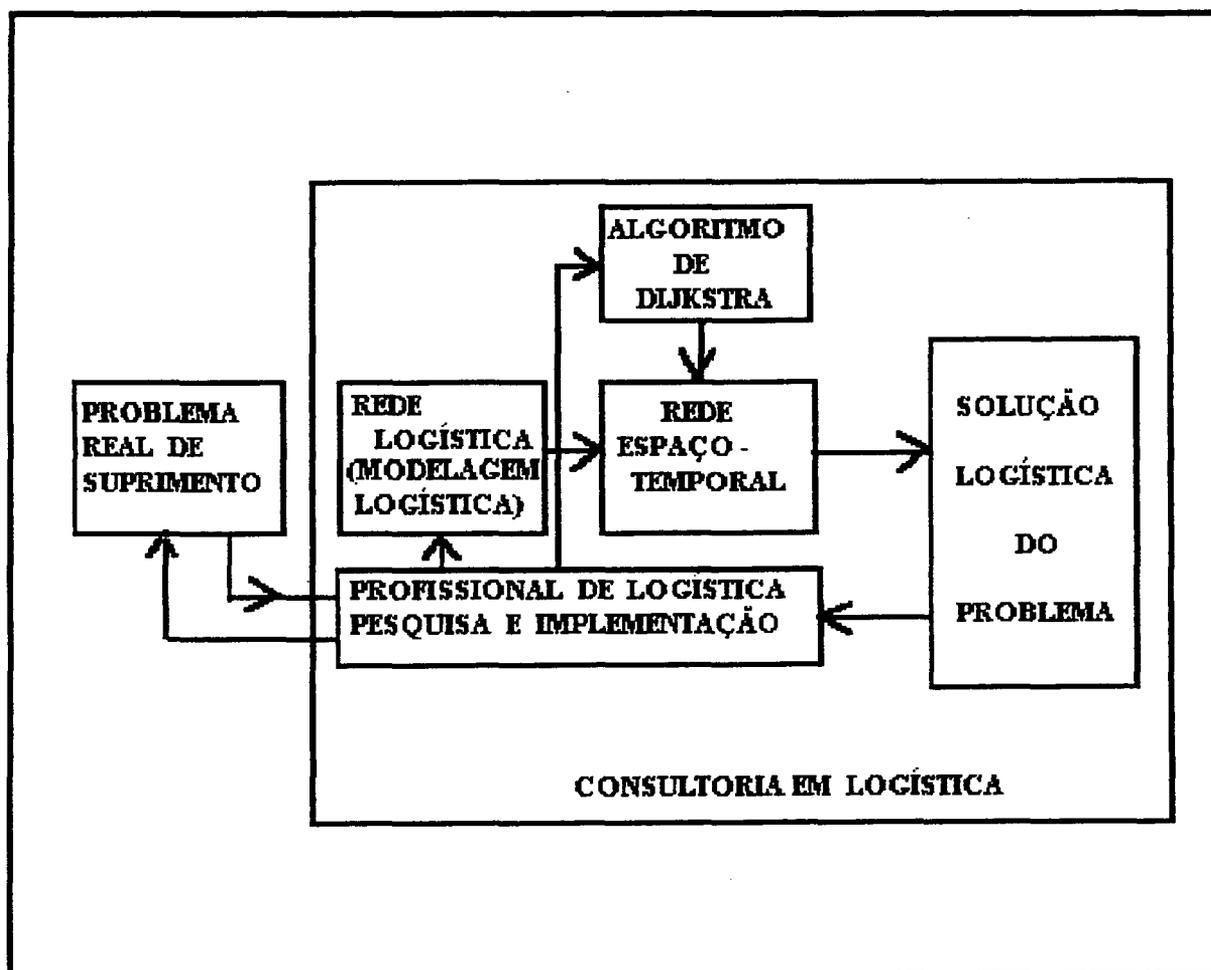


Figura 11. Diagrama de blocos que descreve a metodologia de trabalho proposta.

#### IV.6. MODELO DE ESTOQUE.

Apresenta-se a seguir um modelo de estoque que será usado no capítulo V, para complementar com maior realidade o caso prático apresentado e resolvido.

O estoque ou inventário diz respeito à quantidade de produtos armazenados fisicamente por uma empresa para possibilitar o desempenho eficiente das suas operações. Ele pode ser mantido, antes do ciclo de produção (como é o nosso caso para o estoque de matéria-prima); durante um estágio intermediário, do ciclo de produção, na forma de estoque em processo; ou ao final do ciclo de produção, como estoque de produtos acabados. Considera-se aqui que a atividade de vendas da empresa não tem influência no

planejamento dos estoques de matéria-prima. Desta forma, a política de estoque compreenderá somente a programação e os tamanhos dos lotes de produção.

As possíveis vantagens de manter estoques altos são as economias de produção obtidas com grandes lotes, com o atendimento mais rápido dos pedidos dos clientes, com a estabilização das cargas de trabalho, e com os lucros especulativos num mercado onde se esperam alta nos preços. As desvantagens associadas a manter altos estoques são relativas ao elevado custo de sua manutenção (aluguel do armazém, depreciação, custo do capital investido, manuseio físico, e contabilidade). Observa-se claramente que é aconselhável aumentar os estoques somente quando as poupanças resultantes (ou lucros) compensem amplamente os custos deste aumento.

Considera-se aqui a situação mais simples dos modelos de estoque, chamado de *demanda conhecida*. É exatamente o caso da empresa pesquisada que consegue determinar com precisão sua demanda de algodão, seja ela mensal, anual, etc..

No caso geral, esta situação é aquela na qual um contratista tem uma ordem para fornecer produtos segundo uma taxa uniforme  $R$  por unidade de tempo. Começa um lote de produção a cada  $t$  unidades de tempo, sendo  $t$  fixo; tem um custo de preparação (set-up cost), cada vez que inicia um lote de produção. O tempo de produção é desprezível; assim não haverá demora em atender a demanda sempre que um novo lote se inicie quando o estoque seja zero. Supõe-se que o contrato é tal que seus termos devem ser satisfeitos, e que o estoque de zero unidades do produto, será sempre o sinal para se iniciar a produção de um novo lote. Supõe-se o custo de manutenção do estoque proporcional tanto a quantidade de produtos estocados, como ao tempo de manutenção do mesmo. Então, o custo de manter o estoque  $E$  durante um tempo  $T$  é igual a  $c_1 \cdot I \cdot T$ , onde  $c_1$  é o custo de manter uma unidade em estoque por unidade de tempo. A pergunta a ser respondida é então : Com que frequência deve fabricar-se um lote de produção, e qual é o tamanho ideal do lote ? A Figura 12 representa a situação do modelo de estoque com demanda conhecida. Se a produção inicia a intervalos  $t$ , deve-se produzir uma quantidade  $Rt$  em cada ocasião. A área sombreada calcula-se pela integral entre 0 e  $t$  de  $I$  :

$$\int_0^t I dt$$

e o valor da integral definida é  $\frac{1}{2} R \cdot t^2$ . Então, o custo de manter o estoque é  $\frac{1}{2} C_1 \cdot R \cdot t^2$  por lote de produção.

O custo de preparação (ou set-up cost) é  $c_3$  por lote de produção. Assim, o custo médio total por unidade de tempo é :

$$C = \frac{1}{2}C_1 \cdot R \cdot t + \frac{C_3}{t}$$

para obter o mínimo de  $C$ , deriva-se  $C$  em relação a  $t$ , e iguala-se esta derivada a zero, obtendo :

$$\hat{t} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_3}{C_1 \cdot R}} \quad (1)$$

o tempo calculado mediante a expressão (1), é o tempo ótimo para se fabricar um lote de produção, ou a frequência ótima de produção. Substituindo o valor de  $\hat{t}$  obtemos a quantidade ótima  $\hat{q}$  que deve ser produzida em cada ocasião ou lote econômico :

$$\hat{q} = \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot R}{c_1}} \quad (2)$$

e o custo mínimo que resulta tem valor  $C_{min} = \sqrt{2 \cdot c_1 \cdot c_3 \cdot R}$  por unidade de tempo.

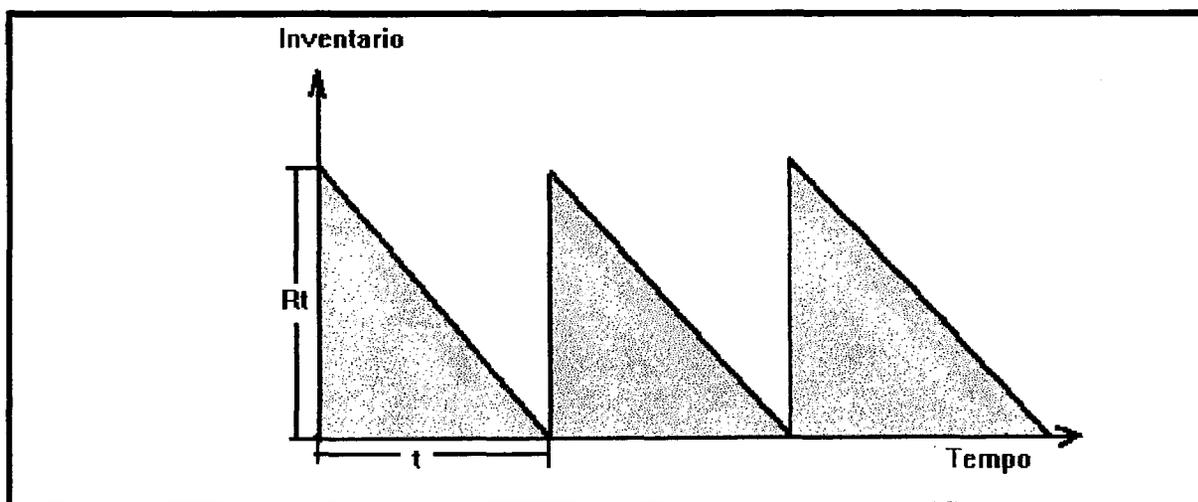


Figura 12. Situação do estoque em relação ao tempo, supondo a taxa de consumo do material constante.

A equação (2) é chamada de "fórmula do tamanho do lote econômico de produção"; introduzida por Harris, F.W. em 1915 [ Sasieni, M. et al (37)]. Esta fórmula será usada no estudo de caso apresentado no Capítulo V.

## CAPÍTULO V

### - TESTE DO MODELO COM A METODOLOGIA ESCOLHIDA : UM ESTUDO DE CASO -

#### V.1. INTRODUÇÃO.

Neste capítulo apresenta-se um estudo de caso, para mostrar os resultados da aplicação do modelo proposto de roteirização com janelas de tempo.

Foi escolhido como fornecedor de algodão os Estados Unidos da América. Dentro da rede logística americana de escoamento da produção algodoeira para exportação, escolhem-se três portos do Atlântico, que são os mais compatíveis para negócios de algodão entre Estados Unidos e Brasil. Escolheu-se ainda uma companhia marítima de frequência regular para essa rota mercante.

No Brasil escolheram-se cinco portos de operação. O destino do algodão é a cidade de Blumenau-SC, que é considerada como o baricentro do parque industrial têxtil instalado no estado de Santa Catarina. Através dos contatos realizados durante a pesquisa de campo, emergiram os portos catarinenses de Itajaí, São Francisco do Sul e Imbituba como principais portos para a importação de algodão, e o porto paranaense de Paranaguá como alternativo. Neste trabalho foi incorporado também o porto paulista de Santos, para se ter uma maior variedade na geração e posterior avaliação de alternativas ("trade-offs").

#### V.2. IMPLEMENTAÇÃO DA REDE LOGÍSTICA.

As origens do algodão para este estudo de caso, estão nos diferentes estados americanos produtores, que formam o chamado "American cotton belt" <sup>14</sup>.

Neste trabalho foi feita uma simplificação, na medida em que se escolheu um centróide em cada um dos 17 estados integrantes do cinturão algodoeiro americano, coincidente com sua capital, e não, o baricentro da produção algodoeira dentro da superfície de cada estado. A partir destes 17 centróides, são usadas *distâncias euclidianas* até os portos americanos envolvidos, ao invés de se usar as distâncias físicas reais do transporte rodoviário americano. Considera-se que a aproximação adotada para a

---

<sup>14</sup> Para maiores detalhes veja o Apêndice A.

modelagem logística regional (ou continental) americana, é coerente com o grau de precisão desejada para este trabalho.

Assim, foram escolhidos três portos americanos do oceano Atlântico, que são : Jacksonville na Flórida, New Orleans na Louisiana, e Galveston no Texas.

De cada uma das 17 origens (fontes), existe um arco ligando-a com cada um dos portos selecionados. Isto equivale a dizer que a rede nos Estados Unidos, é representada por um grafo orientado composto de 20 nós, e 51 arcos.

A partir dos portos americanos, começam os arcos de transporte marítimo da rede, que são os que apresentam descontinuidade de oferta, ou seja tem-se uma programação de viagens regulares dos navios mercantes, que é conhecida com devida antecedência pelos importadores, para poder planejar o transporte de remessas de produtos exportados pelos Estados Unidos. Foi escolhida uma companhia marítima mercante de frequência regular na rota Estados Unidos-Brasil. A programação de viagens da mesma, no que diz respeito aos portos atendidos materializa os arcos de transporte marítimos da rede logística.

Desta maneira, chega-se a território brasileiro, onde foram escolhidos cinco portos de operação, já mencionados e comentados anteriormente. No Brasil a rede é bem mais simples. Para os arcos de transporte rodoviário brasileiro usam-se as distâncias físicas reais, dadas pelo guia rodoviário da revista 4 Rodas. Trata-se de um grafo orientado com 6 nós ou vértices, e 5 arcos ou arestas. Os 6 nós da rede em território brasileiro são os 5 portos de importação, e a cidade de Blumenau-SC.

### **V.3. IMPLEMENTAÇÃO DA REDE ESPAÇO-TEMPORAL.**

A metodologia usada neste trabalho, consiste em transformar a rede logística, física, representativa do problema, numa rede espaço-temporal como foi explicado e exemplificado no capítulo anterior, e aplicar o algoritmo de Dijkstra, para determinar as soluções espaço-temporais e de custos ótimas, dados dois nós quaisquer da rede.

Neste estudo de caso, a rede logística, é extremamente simples, praticamente trivial. Mas a metodologia aplicada é válida também para casos de maior complexidade, que necessitem resolução.

#### V.4. EXPOSIÇÃO E ANÁLISE DOS CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROBLEMA.

Os dados de custos apresentados a seguir, foram obtidos, em sua maioria, através de entrevistas durante a pesquisa de campo. Eles tem valor importante, pois são atualizados. Na verdade, eles foram colhidos do diálogo com gerentes das indústrias têxteis, executivos que estão no seu dia-a-dia trabalhando, tomando decisões e executando tarefas, com a utilização destes dados.

##### V.4.1. CUSTOS DA MATÉRIA-PRIMA.

A matéria-prima, é o algodão em pluma em fardos ("raw cotton in bales"). A unidade adotada para tomar as decisões, será : container de 40 pés de algodão em pluma em fardos. Nos custos portuários que serão apresentados posteriormente, pode-se apreciar que este tipo de container tem vantagem sobre o outro tipo padronizado de 20 pés, no custo fixo de capatazia ou ("handling") nas operações portuárias.

01 libra de algodão em pluma      US\$ 0,62 (preço médio histórico)

01 libra (peso)                      0,4536 Kg

Com estes dados, chega-se ao valor comercial médio histórico de um container de 40 pés de algodão em pluma em fardos, que é a nossa unidade de trabalho :

01 container de 40 pés de algodão em pluma em fardos	US\$ 28.644,00
--	----------------

**V.4.2. CUSTOS PORTUÁRIOS.****Custos dos portos americanos :**

1)	WAREHOUSING	0,035 % ao dia sobre CIF até 30 dias.
		0,0875 % ao dia sobre CIF depois de 30 dias.

2)	HANDLING	US\$ 150,00 por container de 40 pés.
		US\$ 140,00 por container de 20 pés.

**Custos dos portos brasileiros :**

A)	ARMAZENAGEM	0,035 % ao dia sobre CIF até 30 dias.
		0,0875 % ao dia sobre CIF depois de 30 dias.

B)	CAPATAZIA	US\$ 150,00 por container de 40 pés.
		US\$ 140,00 por container de 20 pés.

C)	A.T.I.	Adicional de Tarifa Portuária. 20 % de A) + B)
----	--------	--

D)	A.FR.M.M.	Adicional de Frete para a Marinha Mercante.
		25 % sobre o frete.

### V.4.3. CUSTOS DO TRANSPORTE DOMÉSTICO DE CARGAS NOS ESTADOS UNIDOS.

Realizou-se uma micro pesquisa via "INTERNET/mail", sobre os custos e modos de transporte, envolvidos na movimentação dos fardos de algodão em pluma americano para exportação, desde as 17 origens até os portos de interesse.

Foram obtidos os seguintes resultados :

US Cotton Estimates for 1994/95 season :

#### PORT AREA

	Galveston TEXAS	New Orleans LOUISIANA	Jacksonville FLORIDA
Transportation Cost ( \$/bushel)	6,95	6,15	5,00
Mode of Transportation			
Truck (%)	60	75	95
Rail (%)	40	25	5

Quadro 13. Custos e modos de transporte do algodão americano para exportação.

Fonte : US Department of Agriculture, Economic Research Service.

Neste estudo optou-se por considerar, dentro dos Estados Unidos, somente o uso do modo rodoviário. Em outras palavras, foi adotado que os fardos de algodão serão transportados, dos depósitos e lavouras americanas, por meio de caminhões. Além disso, considerou-se que os fardos de algodão serão containerizados nos pontos de origem, e os containers serão transportados pelos caminhões até os portos americanos para seu posterior embarque. Este detalhe, é neutro para o trabalho, mas os importadores preferem, este procedimento de (containerização na fonte), para a proteção da matéria-prima comprada, durante todo seu percurso através da rede logística.

#### V.4.4. CUSTOS DO TRANSPORTE MARÍTIMO.

É conveniente citar que as chamadas Conferências de Fretes celebram-se anualmente em sede fixada geralmente nos Estados Unidos. Destas Conferências fazem parte os transportadores marítimos, (os representantes das empresas de marinha mercante, das linhas regulares U.S.- Brasil) com os usuários, (os representantes das empresas que tem planejado usar os ditos serviços no ano seguinte), para assim, negociar preços e condições dos fretes para o exercício seguinte.

Em geral as empresas têxteis do estado de Santa Catarina realizam previamente reuniões no Brasil, onde cada uma, através de um representante, leva o seu plano de uso dos serviços de transporte marítimo, em determinada rota, para o ano seguinte. Este plano contém em resumo, **o que se pretende importar e em que quantidade** anual.

As empresas agem como se fossem um "pool" de empresas. Nestas reuniões é escolhido um representante, que leva o "somatório" para a Conferência de Fretes nos Estados Unidos.

Para o ano de 1995 o valor do frete para transportar um (01) container de 40 pés de algodão em pluma, a nossa unidade de trabalho, entre os Estados Unidos e o Brasil foi fixado no valor de US\$ 400,00. As companhias marítimas conferenciadas, se comprometem a respeitar este acordo até a próxima Conferência de Fretes a ser celebrada.

Valor do Frete por 01 container de 40 pés de algodão em pluma US\$ 400,00
---

#### V.4.5. CUSTOS DO TRANSPORTE DOMÉSTICO DE CARGAS NO BRASIL.

No caso brasileiro, os valores de fretes atualizados do transporte rodoviário, são apresentados no Quadro 14. Estes valores compreendem as taxas médias de fretes, oferecidas por empresas de transporte rodoviário de cargas containerizadas, que prestam serviços às indústrias têxteis de Santa Catarina, desde os cinco portos selecionados, até a cidade de Blumenau-SC, destino das remessas de algodão e nó de demanda (destino) da nossa rede logística.

O / D	DISTANCIA (Km)	Container de 20 pés (US\$)	Container de 40 pés (US\$)
Itajaí-SC/Blumenau-SC	47	170,00	288,00
SãoFco.doSul-SC/Blumenau-SC	134	285,00	479,00
Imbituba-SC/Blumenau-SC	218	1.307,00	2.645,00
Paranaguá-PR/Blumenau-SC	341	803,00	1.626,00
Santos-SP/Blumenau-SC	728	2.150,00	4.035,00

Quadro 14. Distâncias e valores de fretes de carga containerizada, para os pares O/D de interesse. Fontes : Hering Têxtil S.A. e Mapa Rodoviário 4 Rodas edição 1994.

Os valores apresentados, no quadro acima, serão usados nos arcos da rede relacionados com o transporte rodoviário em território brasileiro.

#### V.4.6. CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE ESTOQUE NA FÁBRICA.

Aqui, interessa saber quanto custa manter nossa unidade de trabalho em estoque na fábrica, durante um ano. Este é o horizonte de tempo que definimos para nosso estudo.

O custo de manter uma unidade em estoque, durante um ano, é um "mix" de custos; a saber : a) custo financeiro, b) valor da apólice de seguro e, c) custo de arrendamento da terra. No valor da apólice de seguro, está incluído o custo de mão-de-obra direta, ou seja, incluem-se custos de vigilância, ou custódia e custos de movimentação interna da matéria-prima dentro do depósito. No custo da renda da terra, está incluída a amortização e a manutenção da infra-estrutura de obras civis necessárias (edifício, galpão, etc.), para armazenar o algodão.

Para o custo (a) foram adotados juros de 3 % ao mês, sobre o capital em reais, que logo é convertido para dólares americanos, usando a relação de que um real equivale a oitenta e três centavos de dólar americano. A moeda empregada neste trabalho será o dólar americano. Assim, faremos as análises e daremos nossos resultados com base nesta moeda.

O custo (b) foi calculado com juros de 0,03 % ao mês, com as mesmas considerações do cálculo anterior.

O custo (c) foi calculado sobre uma base de 3.000 metros quadrados de solo ocupado, para a finalidade de depósito de algodão. A taxa de juros utilizada é de 0,05 % ao

mês. Para a obtenção destes custos de estocagem, foi consultada a empresa Hering Têxtil S.A., segunda produtora mundial de malha de algodão.

Com base nestas considerações, chegamos ao custo total de estocagem na fábrica de nossa unidade de trabalho, durante um ano :

01 container de 40 pés de algodão em pluma em fardos	US\$ 12.578,00
--	----------------

É oportuno notar que, quando o algodão é recebido, e aceito na fábrica, é descontainerizado, e colocado no depósito. Os fardos são empilhados, em geral sobre "pallets" de madeira para serem facilmente manuseados com uma empilhadeira.

## V.5. EXPOSIÇÃO DOS TEMPOS RELACIONADOS AO PROBLEMA.

Como trata-se de um trabalho de Logística, sabe-se que o binômio : *espaço-tempo* é o que interessa aos profissionais de Logística.

Para começar, transpor um arco numa rede logística consome um determinado tempo. Mesmo que a tecnologia possibilitasse transportar algodão à velocidade da luz, teríamos um tempo, extremamente pequeno, mas finito e positivo, para trazer algodão dos Estados Unidos para o Brasil. Para sintetizar, queremos dizer que para cada arco da nossa rede logística tem-se um rótulo temporal associado. No nosso estudo por exemplo, o arco Jacksonville-Santos tem um rótulo temporal associado de 16 dias (ver Quadro 15). Não pode-se confundir isto, com o consagrado binômio logístico, onde essa componente temporal está muito ligada aos produtos fluentes na rede, sem variação no espaço, e somente variação no tempo, dito em outras palavras estocagem, armazenagem.

O critério usado para os tempos de percurso dos arcos de transporte rodoviário, corresponde a uma velocidade média dos caminhões de 56 Km/h. Com base nesta velocidade, calculamos a partir dos rótulos espaciais (distâncias), os rótulos temporais de percurso desses arcos. Este critério foi adotado tanto no Brasil como nos Estados Unidos.

No caso dos navios, para nossos arcos de transporte marítimo, isto não foi necessário, pois esses rótulos temporais surgem diretamente da programação das viagens.

Outros tempos importantes para nosso estudo, são os tempos de permanência pós-desembarque e antecedentes ao embarque dos containers.

A regra nos portos americanos, diz que o container tem que entrar no terminal portuário, com 72 horas de antecedência da data de atracação do navio.

Nos portos brasileiros há um mínimo de cinco dias, após o desembarque do container no terminal portuário, em que este não está liberado, para que ele seja transportado por modo terrestre, continuando a fluir na sua rede logística.

Para uma melhor aproximação do problema à realidade, poderia-se medir o tempo de espera no porto antes do container continuar fluindo na rede, e determinar para cada porto brasileiro este tempo com base nas experiências dos importadores. Neste trabalho, assume-se que todos os portos envolvidos tem operacionalidade e burocracia iguais, diferenciando-se unicamente por ser um porto americano ou um porto brasileiro. Mas, na prática é sabido que existem alguns portos mais ágeis e outros mais burocráticos.

## **V.6. DETERMINAÇÃO DA REMESSA LOGÍSTICA ÓTIMA.**

Utiliza-se aqui, o modelo clássico de estoque, fundamentado no capítulo anterior, para calcular o lote ou remessa ótima a fluir através da rede logística.

As variáveis envolvidas são :

Q - quantidade solicitada em cada pedido de compra [container de 40 pés];

D - demanda anual [container/ano];

N - número anual de reposições do estoque [ ];

c1 - custo do item [ US\$/container];

c2 - custo de cada solicitação [ US\$ ];

c3 - custo de manutenção do estoque [ US\$/container/ano ];

cT - custo total anual de estoque [ US\$/ano ];

Constantes :

$E_s$  - Estoque de segurança [container].

A expressão do custo total anual  $cT$ , obtém-se somando três parcelas de custos anuais:

$$cT = c_1 \cdot D + c_2 \cdot N + c_3 \cdot \left( \frac{Q + E_s}{2} \right) \quad (1)$$

Considerando que o número anual de reposições de estoque é dado por :

$$N = \frac{D}{Q} \quad (2)$$

podemos substituir agora este valor de  $N$  dentro da expressão (1), ficando todo em função de  $Q$ , a nossa variável de decisão, resultando :

$$cT = c_1 \cdot D + c_2 \cdot \frac{D}{Q} + \frac{1}{2} \cdot c_3 \cdot (Q + E_s) \quad (3)$$

Deve-se assim, determinar o valor de  $Q$  ótimo, ou seja o valor que minimiza o custo total  $cT$ . Derivando e igualando a zero, obtém-se :

$$Q_{opt.} = \sqrt{\frac{2 \cdot c_2 \cdot D}{c_3}} \quad (4)$$

Substituindo o valor ótimo de  $Q$  por  $Q_{opt.}$ , na expressão (3), tem-se :

$$cT = c_1 \cdot D + \sqrt{2 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot D} + c_3 \cdot E_s \quad (5)$$

Os dados para aplicar o nosso modelo neste estudo de caso estão relacionados abaixo e foram coletados durante a pesquisa de campo, realizada na empresa Hering Têxtil S.A..

A empresa tem uma política de estoque de algodão definida. Neste estudo, Es corresponde a um estoque de segurança de 22 containers de 40 pés, isto equivale a aproximadamente 460 toneladas de algodão em pluma. A demanda anual é de 400 containers de 40 pés de algodão, aproximadamente 8.500 toneladas.

No custo  $c_1$ , considera-se o custo de um container de 40 pés de algodão posto em Blumenau-SC, que é o custo para a empresa. Assim,  $c_1$  representa o custo de compra da matéria-prima na fonte, mais o custo de percorrer a rede logística das origens nos Estados Unidos até a sua recepção no depósito de algodão na fábrica em Blumenau-SC.

O custo  $c_2$  é um custo fixo, que não depende da quantidade importada ou transportada, ou seja, é um valor monetário que é igual para importar 1000 containers, ou para importar um container.

O custo  $c_3$  é o custo de manter em estoque um container de 40 pés de algodão em pluma enfardado, durante um ano. Este custo foi exposto e calibrado anteriormente.

Para determinar o lote ótimo a ser transportado, usamos a fórmula (4). Fazendo os custos  $c_2 = \text{US\$ } 1000,00$  e  $c_3 = \text{US\$ } 12.578,00$ , ambos fixos e independentes da rota, da rede, e a demanda anual  $D = 400$  containers, que está perfeitamente determinada.

Substituindo os valores obtemos o valor ótimo de  $Q$ .

Logo :

$$Q_{\text{opt.}} = 7,97 \text{ containers}$$

Portanto

$Q_{\text{opt.}} = 8 \text{ containers}$
--

A remessa ótima, é de 8 containers. Da expressão (4), observa-se de um lado, que o  $Q_{\text{opt.}}$  é diretamente proporcional ao custo  $c_2$ , isto é, na medida que os custos fixos administrativos e operacionais da importação aumentam o lote ótimo também aumenta. De outro lado, o  $Q_{\text{opt.}}$  é inversamente proporcional ao custo de estocagem  $c_3$ , ou seja, se o custo  $c_3$  aumenta, o lote ótimo diminui.

A partir de  $Q_{\text{opt.}}$  podemos calcular o número anual de reposições ( $N$ ), resultando em  $N = 50$ . Sabendo que um ano tem 52 semanas, a solução ideal seria então trazer

semanalmente 8 containers de algodão através do caminho determinado pela aplicação do algoritmo de Dijkstra, na rede espaço-temporal representativa do problema. Não entanto, este resultado tem algumas limitações práticas de recursos (programação de viagens marítimas), para nossa quase trivial rede logística.

A primeira limitação é que o caminho ótimo, não tem rota de frequência semanal. No Quadro 15, apresenta-se uma programação mensal da companhia marítima selecionada. Só apresentamos os portos de interesse para nosso estudo.

PORTO	V1	V2	V3	V4	V5
Jacksonville	12/01	19/01	26/01	02/02	09/02
Santos	28/01	04/02	10/02	18/02	24/02
Paranaguá	-----	12/02	-----	26/02	-----
S.F. do Sul	05/02	-----	17/02	-----	03/03
Imbituba	04/02	10/02	16/02	24/02	02/03

Quadro 15. Programação de viagens da companhia marítima selecionada na rota de interesse. Fonte : Hering Têxtil S.A.. Departamento de Importações.

Devido à simplicidade da nossa rede, e à escolha desta companhia americana que opera no porto americano de Jacksonville na Flórida, e não opera no porto catarinense de Itajaí, podemos assim gerar as diferentes alternativas.

No Quadro 16, apresenta-se a matriz O/D de distâncias, os tempos e os custos na parte americana da rede.

**PORTO DE JACKSONVILLE / FLÓRIDA.**

<b>ESTADO</b>	<b>CAPITAL</b>	<b>DIST.(Km)</b>	<b>TEMPO (dias)</b>	<b>CUSTO (US\$)</b>
ALBAMA	Montgomery	500	0,37	2000,00
ARIZONA	Phoenix	2930	2,18	11720,00
ARKANSAS	Little Rock	1140	0,85	4560,00
CALIFÓRNIA	Sacramento	3800	2,83	15200,00
FLÓRIDA	Tallahassee	<b>250</b>	<b>0,19</b>	<b>1000,00</b>
GEÓRGIA	Atlanta	430	0,32	1720,00
KANSAS	Topeka	1650	1,23	6600,00
LOUISIANA	Baton Rouge	930	0,69	3720,00
MISSISSIPI	Jackson	840	0,63	3360,00
MISSOURI	Jefferson City	1360	1,01	5440,00
N.CAROLINA	Raleigh	690	0,51	2760,00
NEW MÉXICO	Santa Fe	2400	1,79	9600,00
OKLAHOMA	Oklahoma City	1600	1,19	6400,00
S.CAROLINA	Columbia	430	0,32	1720,00
TENNESSEE	Nashville	800	0,60	3200,00
TEXAS	Austin	1550	1,15	6200,00
VIRGÍNIA	Richmond	900	0,67	3600,00

Quadro 16. Matriz O/D de distâncias euclidianas. Tempos de viagem, e custos de fretes rodoviários nos Estados Unidos.

Fonte : Atlas Delta Universal, Ed. Delta, Rio de Janeiro, 1986.

Para o porto americano de Jacksonville, a solução de menor custo é comprar algodão na Flórida. Logo apresentamos no Quadro 17, as quatro rotas alternativas possíveis com seus custos correspondentes :

<b>Porto Brasil</b>	<b>USA/caminhã o Flórida</b>	<b>Porto USA Jacksonville</b>	<b>Transporte Marítimo</b>	<b>Porto Brasil</b>	<b>Brasil/caminhã o Blumenau</b>
Santos	1.000	150	400	150	4.035
Paranaguá	1.000	150	400	150	1.626
São F. do Sul	1.000	150	400	150	479
Imbituba	1.000	150	400	150	2.645

Quadro 17. Alternativas de rotas possíveis com seus respectivos custos para realizar o transporte do algodão. Fonte: Hering Têxtil S.A..

Somando-se os custos do quadro anterior obtemos os custos totais de cada alternativa possível para nossa rede. Estes custos são apresentados no Quadro 18.

ALTERNATIVA	ORIGEM	PORTO USA	PORTO BR	CUSTO(US\$)
1	Flórida	Jacksonville	Santos	5.735
2	Flórida	Jacksonville	Imbituba	4.345
3	Flórida	Jacksonville	Paranaguá	3.326
4	Flórida	Jacksonville	São F. do Sul	2.179

Quadro 18. Custos totais das diferentes alternativas possíveis de roteamento.

Agora analisam-se as limitações, nas frequências de viagens da companhia marítima apresentadas no Quadro 19, para o horizonte de um mês. Observa-se, que os portos de Santos-SP, e Imbituba-SC, são atendidos semanalmente. Então, a solução ótima do problema seria dada, pela alternativa de custo total  $cT$  mínimo, resultando de longe na alternativa 2.

Não entanto, estaríamos incorrendo em um grave erro, ao raciocinar desta maneira. Na verdade, os portos de Paranaguá-PR e São Francisco do Sul-SC, são atendidos quinzenalmente pela companhia. Deve-se então, estudar este "trade-off" entre otimalidade do lote ou remessa e economia na rota. Assim, estes dois portos são alternativas mais baratas que as anteriores. Neste sentido, o Quadro 19, dá a resposta ótima ao problema proposto, ou seja : **quantos containers devem ser trazidos por remessa? e qual rota utilizar?**

ALTERNATIVA	Q (container)	PORTO(USA)	PORTO (BR)	CUSTO $cT$ (US\$)
A	8	Jacksonville	Santos	13.990.270
B	8	Jacksonville	Imbituba	13.434.270
C	16	Jacksonville	Paranaguá	13.059.982
<b>D</b>	<b>16</b>	<b>Jacksonville</b>	<b>São F. do Sul</b>	<b>12.593.182</b>
E	8	Jacksonville	São F. do Sul	12.567.870

Quadro 19. Diferentes alternativas para decidir : Lote ótimo, rota mais custosa compatível "versus" Lote não ótimo, rota mais econômica.

Observa-se no Quadro 19, que a alternativa E, é a solução ótima do problema, pois minimiza o custo total anual (cT) para a empresa. Porém esta alternativa não é viável, pois existe uma restrição nas frequências de viagens. Em outras palavras, o porto catarinense de São Francisco do Sul, não é atendido semanalmente pela companhia marítima selecionada.

Para concluir, diremos que as soluções dadas pelas alternativas C e D são boas soluções globais para o problema. Em outros termos, isto equivale a dizer que elas são soluções logísticas do problema estudado. As soluções dadas pelas alternativas A e B, parecem ser soluções ótimas, mas não o são. Elas são ótimas para um subproblema, ou seja, no que concerne o tamanho do lote, mas não são ótimas do ponto de vista do mínimo custo. Os profissionais de Logística tem que ter claro uma questão que parece óbvia, mas que necessita ser compreendida, e jamais esquecida, qual seja : A otimização dos subsistemas componentes de um sistema, não garantem necessariamente o ótimo do sistema [Novaes, A.G. (29)]. Por isso, quem trabalha com Logística tem que compreender esse aspecto de globalidade e enfoque sistêmico, que a caracteriza fortemente.

## CAPITULO VI

### - CONCLUSÕES E SUGESTÕES -

#### VI.1. CONCLUSÕES.

Admite-se que algumas das empresas têxteis do estado de Santa Catarina estejam trabalhando de forma otimizada. O objetivo deste trabalho não é otimizar o sistema logístico de suprimento na forma clássica, estática e sim dinamicamente. Como os sistemas de transporte e pontos de transbordo e de armazenagem intermediária estão sujeitos a variações e incertezas, muito grandes, a utilização de um modelo estático dentro de um S.A.D.( Sistema de Apoio à Decisão ), não daria respostas adequadas.

Assim, torna-se necessário desenvolver uma metodologia que permita reavaliar a qualquer instante as estratégias espaço-temporais e de custos, visando ajustar as entregas da matéria-prima dentro das janelas de tempo pré-estabelecidas.

O modelo utilizado mostrou-se adequado para servir de **elemento central** de um S.A.D..

Foi apresentado um estudo de caso, simples, porém elucidativo das características e potencialidades, ante uma situação mais complexa.

1. A metodologia desenvolvida nesta dissertação mostrou-se adequada para formar o elemento central de um sistema mais amplo de suporte à decisão, para apoiar dinamicamente o gerenciamento do suprimento de algodão na indústria têxtil.

2. O Brasil tem um clima ideal para a produção de algodão, além de ter características predominantes de um país agrícola. As condições de prazo (mínimo 180 dias) e o financiamento em dólares com juros internacionais, comparado com as exigências de pagamentos à vista no mercado interno, tem contribuído com um aumento expressivo das importações de algodão em pluma nos últimos anos.

3. A cultura do algodão é cara nos países subdesenvolvidos. A incidência do custo da mão-de-obra, representa em torno de 30 % dos custos de produção. Esta cultura é de alto risco, comparada com outras alternativas que o agricultor analisa. O preço do algodão no mercado internacional é extremamente variável e influi no preço doméstico do produto; isto faz com que os agricultores optem por culturas alternativas, quando não se tem apoio do Governo.

4. Para um país do tamanho do Brasil, as diferenças de custo entre o transporte marítimo e o transporte rodoviário influenciam fortemente na definição de estratégias de suprimento de matéria-prima. O reflexo destas diferenças de custo entre estes modos de transporte tem reorganizado a produção algodoeira brasileira a nível regional.

5. Observou-se que existem maiores restrições de tipo aduaneiras e alfandegárias, etc., nas importações realizadas de países vizinhos como a Argentina e o Paraguai, do que as impedâncias encontradas pelos suprimentos que tem fluído através dos portos brasileiros. Estas dificuldades são, não entanto, anteriores à implantação oficial do MERCOSUL realizada em 01/01/1995, que diz respeito à livre circulação de mercadorias entre os países integrantes deste mercado.

## **VI.2. SUGESTÕES.**

Para desenvolver um S.A.D.( Sistema de Apoio á Decisão ), seria necessário adicionalmente enfocar problemas tais como a criação de uma base de dados dos modos de transporte, das facilidades, bem como dados do mercado do algodão, etc.. Também seria necessário desenvolver subsistemas de monitoração dos fluxos e demais elementos característicos de um S.A.D.. Podem-se enumerar ainda algumas sugestões e recomendações para futuros trabalhos :

1. Criar um sistema de base de dados, voltado ao gerenciamento.
2. Desenvolvimento de um pacote computacional, bastante flexível e de resposta rápida que trabalhe com os dados logísticos básicos, para o tratamento da rede espaço-temporal, e que possibilite a aplicação do algoritmo de Dijkstra.
3. Desenvolvimento de um S.A.D. para gerenciar dinamicamente o problema de suprimento de algodão.
4. Dentro da área de Economia Agrícola sugere-se o estudo de fontes alternativas para suprimento de algodão, de modo a minimizar os riscos no fornecimento desta matéria-prima para as indústrias têxteis.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

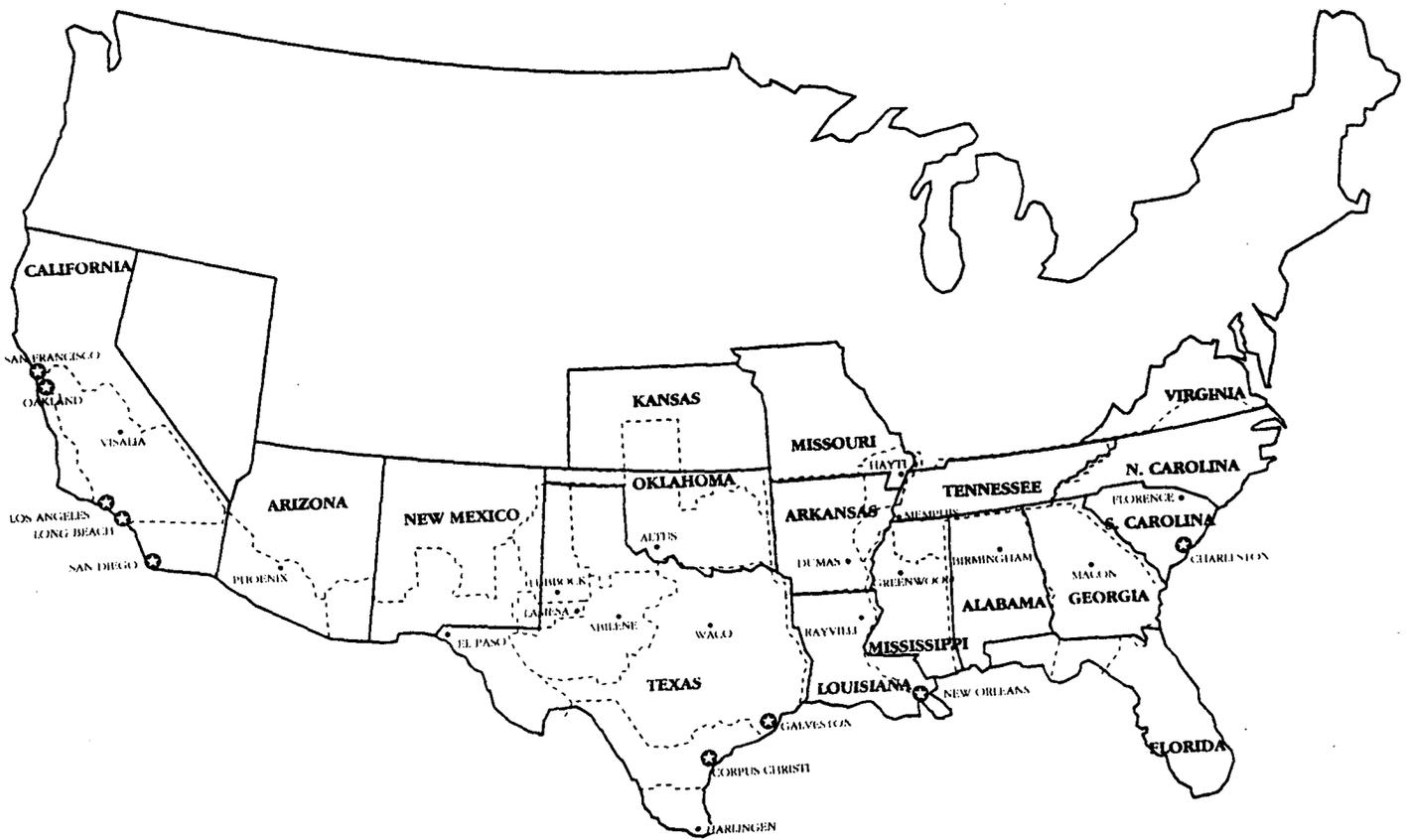
- (01) - Ammer, D.S. *Materials Management*. 3. ed. Homewood : Richard D. Irwin, p-12 1974.
- (02) - Anderson, D.L. e House R.G. "Logistics and Material Handling in the United States : Trends and Future Outlook". *Commentary*. 1991.
- (03) - Ballou, R. H. *Logística Empresarial : Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física*. Ed. Atlas, São Paulo, 1993.
- (04) - Christofides, N. *Graph Theory, An Algorithmic Approach*. Academic Press, London, 1975.
- (05) - Converse, P. D. *The other half of Marketing, Twenty-sixth Boston Conference on Distribution*. Boston Trade Board, 1954.
- (06) - *Cotton Outlook*. Vol.73 Ner.2, Lille, France, pp. 10-11, January 13th., 1995.
- (07) - Daganzo, C. F. "Configuration of Physical Distribution Networks", *Networks*, Vol. 16, pp. 113-132, 1986.
- (08) - Daganzo, C. F. "Modeling Distribution Problems with Time Windows : Part I", *Transportation Science*, Vol. 21, Ner. 3, August/1987.
- (09) - Desrochers, M. e Soumis, F. "A generalized permanent labeling algorithm for the shortest path problem with time windows". *Centre de Recherche sur les Transports*. Publication 394 A. Université de Montreal, 1985.
- (10) - Desrochers, M. "An algorithm for the shortest path problem with resource constraints". *Centre de Recherche sur les Transports*. Publication 421 a. Université de Montreal, 1986.
- (11) - Desrochers, M. e Soumis, F. "A Reoptimization Algorithm for the Shortest Path Problem with Time Windows", *European J. of Operations Research*, Ner.35, pp. 242-254, 1988.
- (12) - Desrosiers, J., Pelletier, P. e Soumis, F. "Plus Court Chemin avec Contraintes d'Horaires". *Rairo* Nro.17(4), pp. 1-21, 1983.
- (13) - Desrosiers, J.; Soumis, F.; Desrochers, M.e Sauvé, M. "Methods for Routing with Time Windows", *European Journal of Operations Research*, Vol. 23, pp. 236-245, 1986.

- (14) - Desrosiers, J., Soumis, F. e Sauvé, M. "Lagrangian relaxation methods for solving the minimum fleet size multiple traveling salesman problem with time windows". *Management Science*, vol.34, pp.1005-1022, 1988.
- (15) - Dias, Marco A.P. *Administração de Materiais, uma Abordagem Logística*. Ed. Atlas, São Paulo, 1985.
- (16) - EMBRAPA/CNPA. "Avaliação das características tecnológicas da fibra de Algodão produzido na região Nordeste", *Boletim de Pesquisa* Nro. 17. Campina Grande-PB, 1986.
- (17) - GEIPOT/Mimistério dos Transportes, *Anuário Estatístico dos Transportes* Edição 1992-93.
- (18) - Golden, B.L. e Bodin, L.D "International Workshop on Current and Future Directions in the Routing and Scheduling of Vehicles and Crews". *Networks*, Vol. 11. Ner.2, 1979.
- (19) - Hall, R.W."Research Opportunities in Logistics". *Transportation Research A*, Vol.19 A, pp. 399-402, 1985.
- (20) - IEMI, Instituto de Estudos e Marketing Industrial. "Evolução do consumo de Algodão em pluma no Brasil". Publicação. São Paulo, Maio de 1993.
- (21) - Koskosidis, A. "Optimization based Models and Algorithms for Routing and Scheduling with Time Windows constraints", Ph.D. thesis, Princeton University, USA, 1988.
- (22) - Koskosidis, A.; Powell, W.B. e Solomon, M.M. "An Optimization based Heuristic for Vehicle Routing and Scheduling with Time Window constraints", *Statistics and Operations Research Series*, Report SOR-89-6, Princeton University, USA, March/1989.
- (23) - Lewis, R. J. *Physical Distribution, managing the firm's service level*. Reading in basic Marketing. In : Mc. Carthy, E.J.; Grashof, J.E. e Brogowisz, A.A. Homewood: Richard D. Irwin pp. 216-228, 1975.
- (24) - Magee, J. F. *Logística Industrial, Análise e Administração dos Sistemas de Suprimento e Distribuição*. Ed. Pioneira. São Paulo, 1977.
- (25) - Min, H. e Cooper, M. "A comparative review of analytical studies on freight consolidation and backhauling". *Logistics and Transportation Review*, vol.26, Ner.2, pp.149-169, 1990.
- (26) - Minoux, M. e Gondran, M. *Graphes et Algorithmes*. Editions Eyrolles, 1982.
- (27) - Netto, M.A.C. "Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema Logístico de Exportação e Importação de Produtos Containerizados e suas relações com o Transporte Marítimo", Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1992.

- (28) - Novaes, A.G. Métodos de Otimização, Aplicações aos Transportes. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 1978.
- (29) - Novaes, A.G. Sistemas Logísticos, Transporte, Distribuição e Armazenagem de Produtos. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 1989.
- (30) - Novaes, A.G. e Alvarenga A.C. Logística Aplicada. Ed. Pioneira, São Paulo, 1994.
- (31) - Powell, W.B. "A Comparative Review of Alternative Algorithms for the Dynamic Vehicle Allocation Problem", Vehicle Routing, Methods and Studies, Elsevier Science Publishers B.V., 1988.
- (32) - Prawda, J. Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones, Vol. 1. Modelos Determinísticos. Ed. Limusa. Mexico D.F., 1987.
- (33) - Psaraftis, H.N.; Solomon, M.M.; Magnanti, T.L. e Kim, T. "Routing and Scheduling on a Shoreline with Release Times", Management Science, January/1990.
- (34) - Rabuske, M.A. Introdução à teoria dos grafos. Ed. da UFSC. Florianópolis, 1992.
- (35) - Ronen, D. "Perspectives on Practical Aspects of Truck Routing and Scheduling", European Journal of Operations Research, Vol.12, pp. 119-126, 1988.
- (36) - Rushton, A. e Oxley, J. Handbook of Logistics and Distribution Management. Ed. Kogan Page Ltd. London, 1989.
- (37) - Sasieni, M., Yaspan, A. e Friedman L. Investigación de Operaciones, Métodos y Problemas. Ed. Limusa. México D.F., 1986.
- (38) - Savelsberg, M. "Local Search in Routing Problems with Time Windows", Ann. Operations Research, Vol. 4, pp. 385-305, 1985.
- (39) - Solomon, M. "On the worst-case performance of some Heuristics for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Windows constraints", Networks, Vol. 16, pp. 161-174, 1986.
- (40) - Solomon, M. "Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Windows constraints", Operation Research, Vol. 35, Ner. 2, 1987.
- (41) - Solomon, M. e Desrosiers, J. "Time Windows constrained Routing and Scheduling Problems/Survey Paper", Transportation Science, Vol. 21, Ner. 1, 1988.
- (42) - Westing, J. H. Industrial Purchasing. 2nd.ed. New York : John Wiley, p.-7, 1961.

## APÊNDICE A

# USDA Classing Office Areas



LEGEND	
	Cotton Shipping Ports
	USDA Classing Office
	Boundaries of Classing Office Areas

**PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL POR ESTADOS NA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ALGODÃO NO PERÍODO ( 1963-1991 ).**

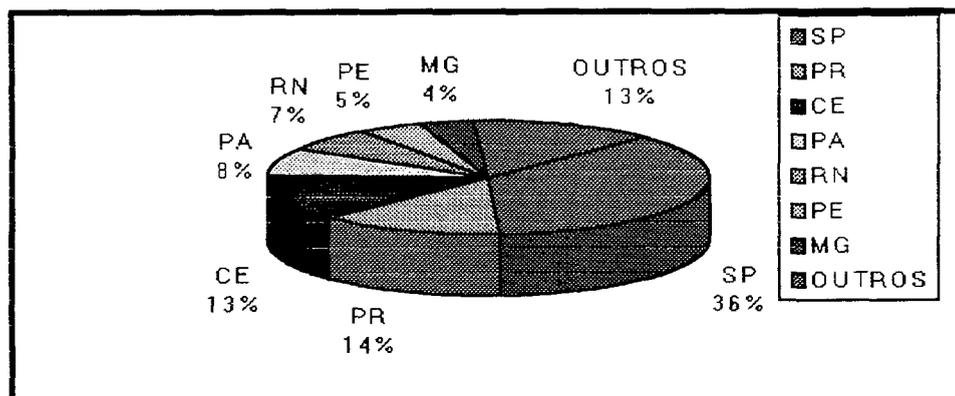


Figura A.1. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1963. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

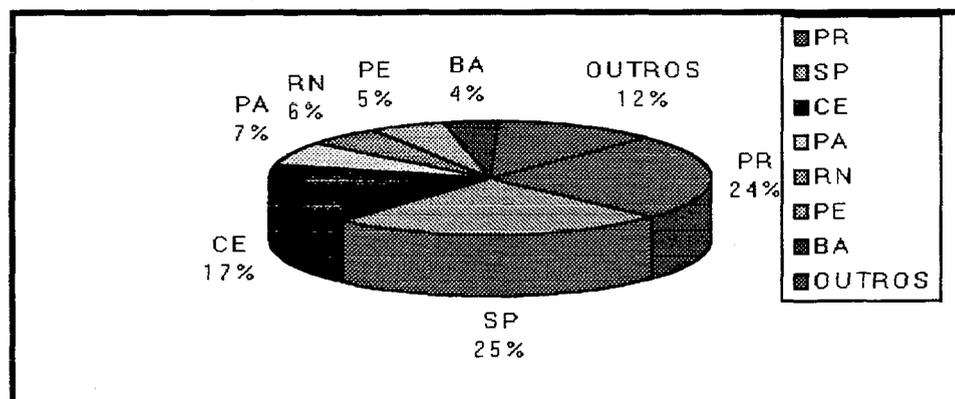


Figura A.2. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1968. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

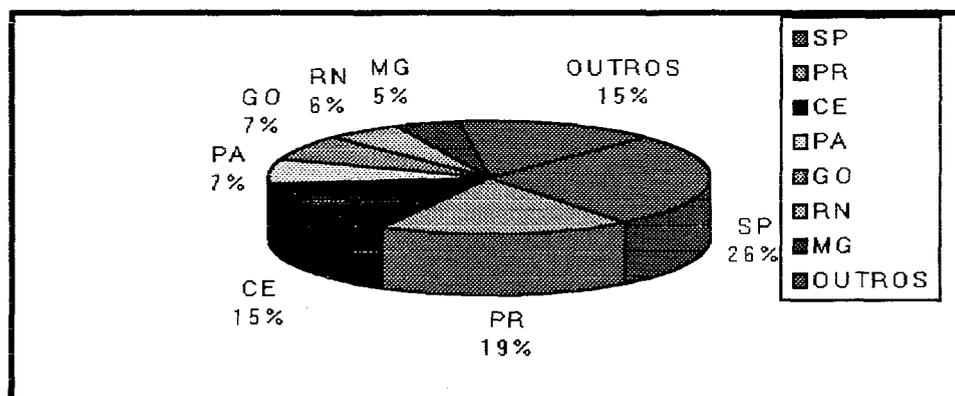


Figura A.3. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1972. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

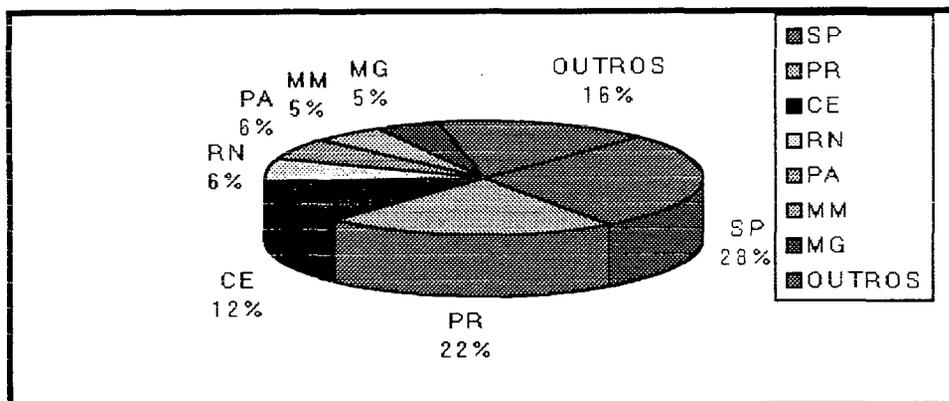


Figura A.4. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1975. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

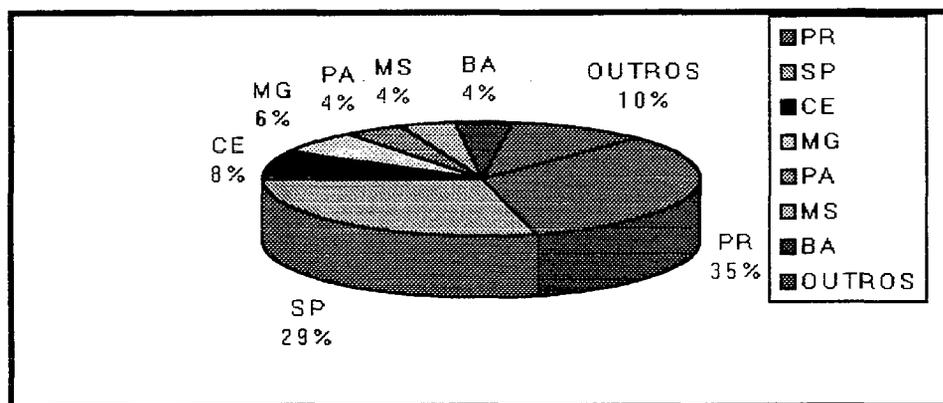


Figura A.5. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1980. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

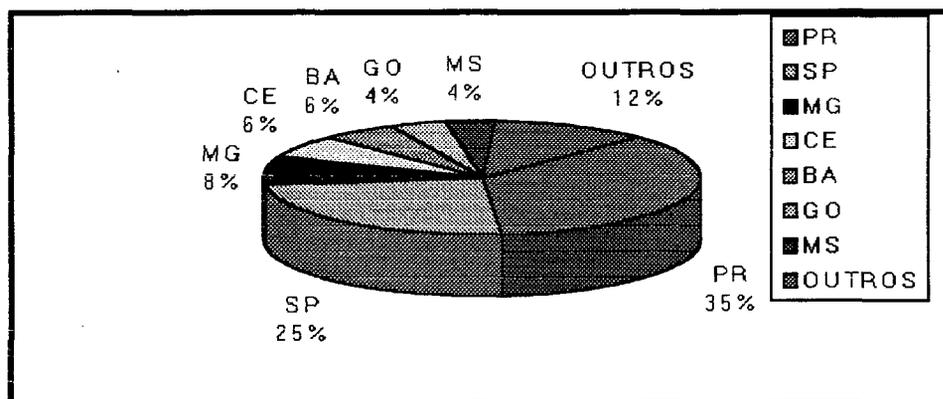


Figura A.6. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1985. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

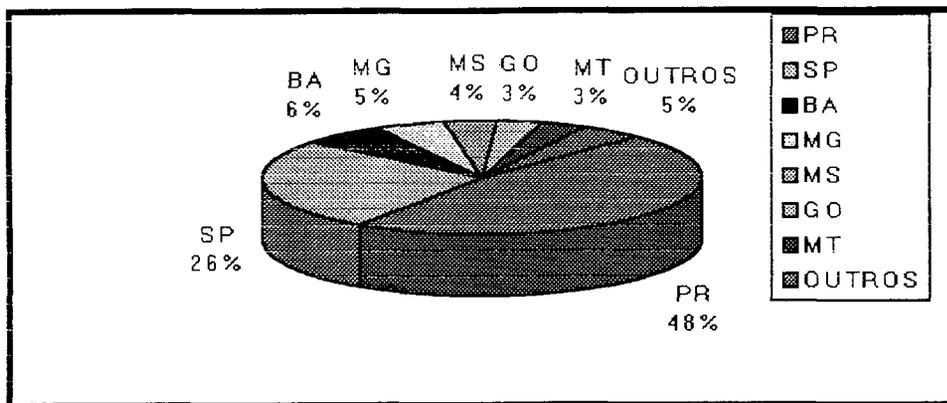


Figura A.7. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1990. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

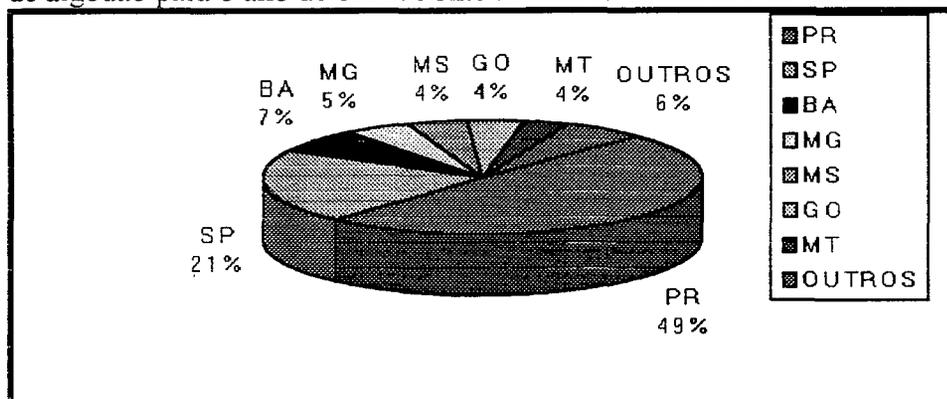


Figura A.8. Participação percentual por estados na produção brasileira de algodão para o ano de 1991. Fonte : Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

POSICÃO	1963	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991
1	SP	PR	SP	SP	PR	PR	PR	PR
2	PR	SP	PR	PR	SP	SP	SP	SP
3	CE	CE	CE	CE	CE	MG	BA	BA
4	PA	PA	PA	PA	MG	CE	MG	MG
5	RN	RN	GO	M*	PA	BA	MS	MS
6	PE	PE	RN	MG	MS	GO	GO	GO
7	MG	BA	MG	RN	BA	MS	MT	MT
8	MA	MG	PE	BA	GO	PI	CE	CE
9	BA	PI	BA	PE	RN	PA	PA	PA
10	PI	M*	M*	GO	PE	PE	PI	PI

Quadro A.1. Ranking estadual brasileiro de produção de algodão em caroço. (M\* representa o antigo estado de Mato Grosso, que foi dividido nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul).

## **Regiões Naturais do Brasil.**

As regiões naturais são áreas que apresentam características semelhantes de relevo, clima, vegetação e hidrologia. Os vinte e seis estados que formam a Federação estão divididos em cinco regiões naturais. São apresentadas as suas abreviações oficiais, e os nomes das capitais estaduais.

### **Região NORTE**

<b>ESTADO</b>	<b>SIGLA OFICIAL</b>	<b>CAPITAL</b>
Acre	AC	Rio Branco
Amapá	AP	Macapá
Amazonas	AM	Manaus
Pará	PA	Belém
Rondônia	RO	Rondônia
Roraima	RR	Boa Vista
Tocantins	TO	Palmas

### **Região NORDESTE**

<b>ESTADO</b>	<b>SIGLA OFICIAL</b>	<b>CAPITAL</b>
Maranhão	MA	São Luiz
Piauí	PI	Teresina
Ceará	CE	Fortaleza
Rio Grande do Norte	RN	Natal
Paraíba	PB	João Pessoa
Pernambuco	PE	Recife
Alagoas	AL	Maceió
Sergipe	SE	Aracajú
Bahia	BA	Salvador

**Região SUDESTE**

<b>ESTADO</b>	<b>SIGLA OFICIAL</b>	<b>CAPITAL</b>
Espirito Santo	ES	Vitória
Minas Gerais	MG	Belo Horizonte
Rio de Janeiro	RJ	Rio de Janeiro
São Paulo	SP	São Paulo

**Região CENTRO-OESTE**

<b>ESTADO</b>	<b>SIGLA OFICIAL</b>	<b>CAPITAL</b>
Goiás	GO	Goiânia
Mato Grosso do Sul	MS	Campo Grande
Mato Grosso	MT	Cuiabá
Distrito Federal	DF	Brasilia

**Região SUL**

<b>ESTADO</b>	<b>SIGLA OFICIAL</b>	<b>CAPITAL</b>
Paraná	PR	Curitiba
Santa Catarina	SC	Florianópolis
Rio Grande do Sul	RS	Porto Alegre

**PRODUÇÃO DE ALGODÃO A NÍVEL REGIONAL NO BRASIL (1963-1991).**

REGIÃO	1963	1968	1972	1975
Norte	563	287	1.009	413
Nordeste	832.180	876.507	882.485	564.081
Sudeste	799.821	573.866	719.169	573.062
Centro-Oeste	54.857	54.867	232.595	152.466
Sul	269.474	493.938	419.875	377.695
<b>BRASIL</b>	<b>1:956.895</b>	<b>1:999.465</b>	<b>2:255.133</b>	<b>1:748.128</b>

Quadro A.2. Produção de algodão em caroço em toneladas, por regiões. Fonte : Anuários Estatísticos do Brasil do IBGE.

REGIÃO	1980	1985	1990	1991
Norte	3.362	2.116	5.122	2.920
Nordeste	384.024	647.342	189.556	256.102
Sudeste	589.759	926.666	574.572	545.585
Centro-Oeste	137.220	244.184	190.953	247.666
Sul	561.519	1:035.661	852.600	1:024.111
<b>BRASIL</b>	<b>1:675.884</b>	<b>2:856.568</b>	<b>1:812.803</b>	<b>2:076.384</b>

Quadro A.3. Produção de algodão em caroço em toneladas, por regiões. Fonte : Anuários Estatísticos do Brasil do IBGE.

**RANKING REGIONAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO 1963-1991.**

	1963	1968	1972	1975	1980	1985	1990	1991
1	NE	NE	NE	SE	SE	S	S	S
2	SE	SE	SE	NE	S	SE	SE	SE
3	S	S	S	S	NE	NE	CO	NE
4	CO	CO	CO	CO	CO	CO	NE	CO
5	N	N	N	N	N	N	N	N

Quadro A.4. Ranking regional brasileiro de produção de algodão em caroço. Fonte : Anuários Estatísticos do Brasil do IBGE.