

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TRANSPORTES

TRANSPORTE DO AÇÚCAR CRISTAL NA REGIÃO NORDESTE

POR

VALÉRIA DE CASTRO COSTA BARROS

CAMPINA GRANDE - PB

JANEIRO - 1990.

526
DIS
654.025.47654 (1744)
0.0710

5


TRANSPORTE DO AÇÚCAR CRISTAL NA REGIÃO NORDESTE

VALÉRIA DE CASTRO COSTA BARROS

TRANSPORTE DO AÇÚCAR CRISTAL NA REGIÃO NORDESTE

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CURSO DE PÓS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVER-
SIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, EM CUMPRIMEN
TO ÀS EXIGÊNCIAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TRANSPORTES



Soheil Rahemany Rabbani
Orientador

Campina Grande - PB

Janeiro - 1990.



B277t Barros, Valeria de Castro Costa
Transporte do acucar cristal na regioao Nordeste /
Valeria de Castro Costa Barros. - Campina Grande, 1990.
102 f.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

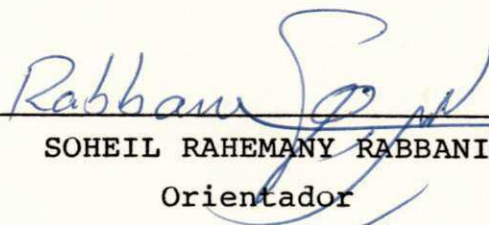
1. Transporte - 2. Acucar - 3. Dissertacao I. Rabbani,
Soheil Rahemany, Dr. II. Universidade Federal da Paraiba -
Campina Grande (PB) III. Título

CDU 656.025.4:664.1(043)

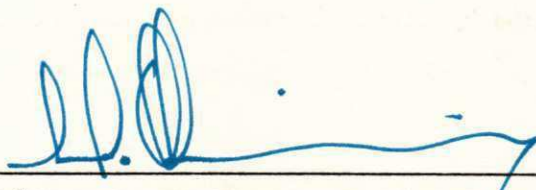
TRANSPORTE DO AÇÚCAR CRISTAL NA REGIÃO NORDESTE

VALÉRIA DE CASTRO COSTA BARROS

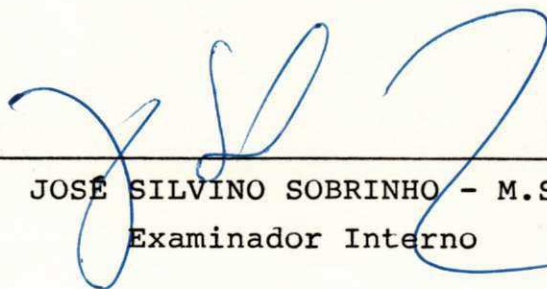
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 08 / 01 / 90



SOHEIL RAHEMANY RABBANI - Ph.D.
Orientador



CÉSAR CAVALCANTI DE OLIVEIRA - Ph.D.
Examinador Externo



JOSE SILVINO SOBRINHO - M.Sc.
Examinador Interno

Campina Grande - PB
Janeiro - 1990.

A MEUS PAIS, PELO APOIO E INCENTIVO
PRESTADOS DURANTE TODA A MINHA VIDA,
AO MEU ESPOSO MANINHO
E AOS MEUS FILHOS ANDRÉ E ARTHUR,
PELA COMPREENSÃO E PACIÊNCIA DURANTE
A EXECUÇÃO DESTES TRABALHOS.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Dr. Soheil Rahemany Rabbani pelo incentivo, assistência e dedicação prestadas na elaboração deste trabalho;

À professora Dra. Simin J. R. Rabbani e ao professor Dr. Antônio Ildefonso pelo apoio através de críticas e sugestões no período da pré-defesa;

À Diretoria da Empresa Municipal de Urbanização da Borborema - URBEMA, através dos Drs. Guilherme C. Cruz e Iramir Barreto Paes, por permitir a liberação da autora de suas atividades profissionais para realização deste trabalho;

A todo o corpo docente do curso de Engenharia Civil da U.F.P.B. que participou da formação da autora;

À Rede Ferroviária Federal S.A - RFFSA, através do Dr. José Carlos Pimenta Filho, pela liberação de dados utilizados neste trabalho;

À Cooperativa dos Produtores do Açúcar e Alcool de Pernambuco LTDA., através do Sr. Ivanildo Lins Pinto pela liberação de dados utilizados neste trabalho;

Ao Instituto do Açúcar e do Alcool pela liberação de dados utilizados neste trabalho.

À colega Cláudia Dantas Procópio do C.P.D da URBEMA pela ajuda prestada nos trabalhos de computação.

Às colegas Nilza Maria Gomes Magalhães e Luzenira Alves Brasileiro pelo incentivo prestado na elaboração deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho avalia o sistema de produção, consumo e escoamento do açúcar cristal na Região Nordeste por ser o açúcar um importante gerador de recursos financeiros para a região, e possuir uma participação expressiva na produção deste produto no cenário nacional. A produção está praticamente concentrada nos estados de Pernambuco e Alagoas, havendo a necessidade de escoamento do produto para toda a região, onde as longas distâncias exigem uma melhor adequação modal de escoamento da produção. A aplicação de um modelo matemático à situação atual apontou a viabilidade de uma produção elevada nos estados com usinas atualmente desativadas, identificando, ainda, a viabilidade de uma maior participação da modalidade marítima no escoamento do açúcar cristal na região Nordeste.

(A B S T R A C T)

The present work evaluates the system of production, consumption, and flux of crystal sugar in the northeast region of Brazil. This commodity in the northeast has a significant share of the national market and is an important source of generation of income in the region. Presently the production is practically limited to the states of Alagoas and Pernambuco of this region. The need for the movement of the product over the entire region, where the distances are enormous, demands the use of a mode of transport that is mostly adequate. The application of a mathematical model to the present situation pointed out the suitability of a larger share of maritime transport as well as the possibility of an increased production with the utilization of the presently unproductive sugar mills.

LISTA DE TABELAS

	Pág.
- Tabela nº 1 - Relação das zonas consideradas e suas respectivas áreas e populações.....	46
- Tabela nº 2 - Participação percentual por zona de produção do açúcar dentro da região de estudo. Safra 86/87.....	50
- Tabela nº 3 - Produção e consumo per-cápita do açúcar cristal na região de estudo.....	53
- Tabela nº 4 - Relação dos municípios produtores de açúcar na Região Nordeste e seus respectivos volumes de produção.....	56

LISTA DE TABELAS REFERENTES AO ANEXO - I

	Pág.
- Tabela (I-1) - Produção de açúcar no Brasil durante o período de 1560 a 1822.....	82
- Tabela (I-2) - Quadro comparativo da produção de açúcar de cana e açúcar de beterraba.....	83
- Tabela (I-3) - Volume de açúcar importado pelo Brasil no período de 1910 a 1920.....	84
- Tabela (V-1) - Produção total de açúcar entre os Estados de Pernambuco e Alagoas nas safras 84/85, 85/86 e 86/87.....	85
- Tabela (V-2) - Relação das usinas cooperadas e não-cooperadas da região Nordeste.....	86
- Tabela (V-3) - Demonstrativo da área cultivada com cana de-açúcar.....	89
- Tabela (V-4) - Demonstrativo do volume de açúcar tipo demerara e refinado exportado para outros países na safra 87/88 (Alagoas).....	90
- Tabela (V-5) - Volume de açúcar tipo demerara e refinado exportado para outros países na safra 84/85 (Pernambuco).....	91

- Tabela (V-6) - Principais produtos transportados pela
RFFSA durante o ano de 1986.....92

LISTA DE TABELAS REFERENTES AO ANEXO - II

Pág.

- Tabela (II-1) - Parâmetros de quilometragem e de custo de transporte rodoviário para o açúcar cristal.
Sindicato das Empresas de transporte de cargas do Estado de Pernambuco-SETCEPE.....94

- Tabela (II-2) - Parâmetros de quilometragem e de custo de transporte ferroviário para o açúcar cristal.
Rede Ferroviária Federal S.A - RFFSA.....95

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura-1 - Identificação da malha ferroviária Nordeste.....	10
Figura-2 - Identificação da malha rodoviária Nordeste.....	17
Figura-3 - Ilustração dos estados de Kilter.....	31
Figura-4 - Representação da rede viária utilizada na aplicação do modelo.....	40
Figura-5 - Representação esquemática da rede de transporte utilizada na aplicação do modelo.....	41
Figura-6 - Determinação da região de estudo.....	45
Figura-7 - Localização dos pontos produtores e consumidores..	48

LISTA DE ABREVIATURAS

FRONAPE - Frota Nacional de Petroleiros

I.A.A - Instituto do Açúcar e do Alcool

I.B.G.E - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

RFFSA - Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima

SETCEPE - Sindicato das Empresas de Transportes de Cargas do
Estado de Pernambuco

SINDAÇUCAR - Sindicato dos Produtores de Açúcar e Alcool do Es-
tado de Pernambuco

TABELA DE CONTEÚDOS

	Pág.
- RESUMO.....	VII
- ABSTRACT.....	VIII
- LISTA DE TABELAS.....	IX
- LISTA DE TABELAS REFERENTES AO ANEXO I.....	X
- LISTA DE TABELAS REFERENTES AO ANEXO II.....	XII
- LISTA DE FIGURAS.....	XIII
- LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIV
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO II - HISTÓRICO DO AÇÚCAR E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA VIÁRIO DA REGIÃO NORDESTE.....	5
2.1 - Histórico do Açúcar.....	6
2.2 - Sistema Viário da Região Nordeste.....	9
2.2.1 - Sistema Ferroviário.....	9
2.2.2 - Sistema Rodoviário.....	13
2.2.3 - Sistema Hidroviário.....	16
CAPÍTULO III - REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS.....	21
3.1 - Programação Linear e Dualidade.....	21
3.2 - Grafos e redes de transporte.....	22
3.3 - Circulação de Fluxos.....	24
3.3.1 - Determinação da trilha mais curta.....	25
3.3.2 - Maximização do Fluxo.....	26
3.3.3 - Correspondência entre o Proble ma da trilha mais curta e do Flu xo Máximo.....	27

CAPÍTULO IV - O MODELO PROPOSTO.....	35
4.1 - Formulação Matemática do Modelo.....	35
4.2 - Descrição do Modelo.....	37
4.3 - Considerações Complementares.....	42
CAPÍTULO V - CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE ESTUDO, DO SISTEMA DE PRODUÇÃO, CONSUMO E ESCOAMENTO DO AÇÚCAR.....	44
5.1 - A Região de Estudo.....	44
5.2 - Unidades Produtoras.....	47
5.3 - Unidades Consumidoras.....	51
5.4 - escoamento da Produção.....	52
CAPÍTULO VI - APLICAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	59
6.1 - Considerações Iniciais.....	59
6.2 - Alternativas Analisadas.....	61
CAPÍTULO VII - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	76
ANEXOS.....	79
ANEXOS I.....	80
ANEXOS II.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

CAPÍTULO - I

INTRODUÇÃO

A região Nordeste foi escolhida neste trabalho como "Área de Estudo" por participar ativamente da produção do açúcar a nível nacional e por ser o açúcar, importante gerador de recursos financeiros para a região.

A região participa em média com 37% da produção brasileira e sua produção é superada pela região Centro/Sul que contribue com 63%.

Em diagnóstico do atual Sistema de transporte do açúcar cristal dentro da região, constatou-se que a malha viária é composta pelas três modalidades: RODOVIÁRIA, FERROVIÁRIA e MARÍTIMA cada modalidade participando com 81%, 7% e 12% respectivamente.

O transporte rodoviário apresenta uma maior abrangência em termos de rede e de participação percentual se comparado com as outras modalidades. Esta alta participação do modal rodoviário acontece mesmo em trechos que não possuem recomendações técnicas para sua utilização, como por exemplo em trechos com quilometragem acima de 400 km onde já seria o ferroviário, o modal indicado.

Essa representativa participação deste modal é consequência do incentivo que foi dado ao transporte rodoviário pelo governo federal na década de ⁵⁰60, após a implantação da indústria automobilística no Brasil.

Outro fator que contribue para a elevada participação do

do modal e para sua expansão no país, é que os investimentos em construção de rodovias possuem um custo fixo inferior aos custos de investimentos para construção de ferrovias ou portos marítimos.

O transporte rodoviário, pelas suas características específicas oferece também maior rapidez e regularidade, bem como menor quantidade de avarias nos seus deslocamentos.

A modalidade ferroviária não apresenta uma participação efetiva no deslocamento do açúcar cristal, esta pequena participação da Rede Ferroviária Federal é decorrente do seu traçado irregular, que possui pontos de estrangulamento e de um delineamento para os portos de exportação.

Outro fator que contribui para a pequena participação do modal ferroviário, é o material rodante obsoleto e a inexistência de uma política a nível de governo federal de prioridade para o transporte ferroviário nordestino.

O transporte marítimo também se comparado com a modalidade rodoviária possui uma pequena participação percentual. A falta de condições dos portos da região, a precariedade das embarcações, e o não incentivo ao transporte marítimo, são fatores que contribuíram para a pequena representatividade ao transporte do açúcar cristal por via marítima.

Já para os açúcares refinado e demerara, ambos produzidos para exportação, todo o transporte é feito por via marítima, no sentido porto mercado-exterior.

Avaliando-se tarifas cobradas para o transporte do açúcar pelas três modalidades apresentadas, pode-se afirmar que os transportes marítimo e ferroviário possuem menor preço que o transporte rodoviário à medida que as distâncias a serem percorridas aumentam.

Considerando-se a extensão territorial da região é preciso haver uma maior participação da modalidade ferroviária e ma-

rítima no escoamento dos produtos regionais.

Esta dissertação faz parte de um projeto bem mais amplo desenvolvido pela "Área de Transporte" da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, em que se objetiva ampliar e melhorar a utilização da Rede Ferroviária Nordeste no transporte de produtos regionais, e reverter o atual quadro de deficiência econômica apresentado pela Rede Ferroviária Federal, que é uma das maiores empresas estatais da região Nordeste e é também uma das que sofre maior prejuízo financeiro.

No caso específico deste trabalho, objetiva-se analisar o açúcar cristal.

O trabalho foi desenvolvido em sete capítulos conforme descrito a seguir:

No primeiro Capítulo é feita uma introdução geral ao trabalho e são definidos os objetivos geral e específico.

No segundo Capítulo é apresentado um histórico do açúcar e uma descrição dos sistemas de transportes rodoviário, hidroviário e ferroviário na região.

No terceiro Capítulo apresenta-se uma revisão dos conceitos básicos, envolvendo Programação Linear, Dualidade, Teoria dos Grafos, Redes de Transporte e algoritmos de Fluxo Máximo e Escolha da Trilha mais Curta.

No Capítulo quatro, apresenta-se o modelo proposto onde é definida a rede de transporte e são identificados os dados de entrada e de saída do modelo.

No Capítulo cinco são apresentadas as características de produção, consumo e escoamento, identificando-se os pontos produtores, os pontos consumidores e o deslocamento do açúcar dentro da região em estudo, como também os dados necessários à utilização do modelo.

No Capítulo seis é apresentada a aplicação do modelo e são feitas as análises dos resultados.

Finalmente, no Capítulo sete são apresentadas as conclusões e recomendações.

CAPÍTULO II

HISTÓRICO DO AÇÚCAR E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA VIÁRIO DA REGIÃO NORDESTE

Como açúcar designa-se geralmente o produto sólido de sabor doce, constituído por sacarose, hidratado de carbono de fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$.

A produção comercial é feita principalmente a partir da cana-de-açúcar (70%) e da beterraba (30%). Sendo a cana-de-açúcar um produto de regiões tropicais e sub-tropicais, ao passo que a beterraba predomina nas regiões temperadas.

No Nordeste, o cultivo da cana-de-açúcar foi iniciado por toda região costeira. Desenvolveu-se rigorosamente a indústria açucareira regional surgindo a necessidade de um sistema de transportes que deslocasse essa produção para os pólos consumidores, no caso, as metrópoles européias. Nesta época o transporte ferroviário foi responsável pelo escoamento da produção aos portos de exportação, e o transporte marítimo pelo transporte a longas distâncias atingindo os mercados consumidores.

Com a necessidade de se abastecer também o mercado interno, o transporte de cabotagem desempenhou um importante papel interligando os principais pontos consumidores da região.

Com o surgimento do transporte rodoviário a partir do final da década de 50 a região foi interligada longitudinalmente e o transporte por cabotagem foi praticamente absorvido pelo modal rodoviário. O modal ferroviário também perdeu uma parcela de contribuição no transporte do açúcar para o transporte rodoviário.

Esta perda de participação dos modais ferroviário e marí

timo para o rodoviário é atuante ainda hoje.

2.1 - Histórico do Açúcar

A época em que o homem começou a consumir açúcar é difícil de precisar. Em verdade, ele é conhecido desde tempos bastante remotos. A cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarium*, classificação de Lineu) é uma gramínea originária da Índia, região de Bengala. A denominação açúcar tem origem Árabe Sukkar. Aqui no Brasil existe dúvida da data exata da chegada das primeiras mudas. As primeiras plantações nasceram na zona costeira na chamada "Zona da mata" no século XVII. Em breve alastrou-se por toda região costeira do Nordeste, chegando a região ribeirinha do Rio São Francisco.

A partir de 1560, o crescimento da produção açucareira do Brasil consolida a posição de Portugal no mercado mundial. Os senhores de engenho adquirem luxo e ostentação. O açúcar foi na realidade o sustentáculo do desenvolvimento de uma vasta área brasileira, atribuindo características próprias ao processo econômico-social.

De 1500 - 1822, o Brasil exportou mercadorias no valor total 536 milhões de libras esterlinas, das quais (56%) correspondiam, ao açúcar. O ouro participava com apenas 32%.

No anexo - I encontra-se um quadro com a produção de açúcar no Brasil no período de 1560 a 1822.

Na época designada como "ciclo-do-açúcar" (1500-1700) destacou-se como fato histórico, as invasões holandesas provocadas principalmente pela cobiça do açúcar brasileiro que chegava aos mercados europeus através de Lisboa.

Os holandeses aqui instalados cuidaram logo de concentrar sua atenção na lavoura de cana e no fabrico do açúcar e, já entre os anos de 1637 e 1644 exportavam diretamente para a Holanda 2.070 arrobas de açúcar dos tipos branco, mascavado e de pa-

nela..

Nas primeiras décadas do século XVIII, após a retomada de Portugal da terra invadida, o açúcar começa a decair devido a dois fatores importantes: O desvio da mão-de-obra escrava para a mineração e a concorrência do açúcar de beterraba produzido na Inglaterra e na Holanda. No anexo - I encontra-se um quadro comparativo da produção de açúcar de cana-de-açúcar e de beterraba.

Nesta época, era a época do ciclo do ouro no Brasil..

Os senhores de engenho preocupados com a queda da produção, adotaram medidas de retomada das atividades mais rendosas e devolveram a mão-de-obra escrava ao cultivo do açúcar.

Voltaram, então, os negócios de açúcar a assumir lugar de destaque quase idêntico ao que assumira anteriormente. Assim é que em 1760, o Brasil exportava para Lisboa o volume de 2.500.000 arrobas¹ do produto. Essa reação não durou muito tempo, porque a mão-de-obra técnica não estava acompanhando a Revolução Industrial. A produção era lenta, com elevados custos e havia retração dos consumidores ao produto brasileiro devido ao volume estacionário da sua produção. Enquanto isso, as "Antilhas" absorvia rapidamente as novas técnicas e ia conquistando os mercados.

Outro fator que contribuiu para a queda do mercado brasileiro na Europa foi a concorrência do açúcar de beterraba.

Enquanto o açúcar de beterraba ia alcançando a sua importância, o açúcar brasileiro não acompanhava o ritmo de crescimento observado nas demais áreas competidoras entre elas: Cuba, Ilhas Filipinas e Java.

Um fato curioso foi que o Brasil importou açúcar entre 1910 e 1920. Açúcar tipo "Candi" e em "Tabletes". No anexo - I

1 - arroba-medida de peso equivalente a aproximadamente 15 quilos.

encontra-se um quadro que apresenta o volume de açúcar importado pelo Brasil.

Durante a primeira Guerra Mundial (1914-1918) a produção do açúcar de beterraba na Europa sofreu grande redução. O Brasil se beneficiou com a condição de poder exportar para a Europa. Sem condições técnicas de aumentar sua produção passou a exportar mais do que devia, prejudicando assim o mercado interno. Houve intervenção do governo em 1919 regulando e limitando a exportação.

Foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool - IAA com a finalidade de assegurar o equilíbrio do mercado açucareiro, com as seguintes diretrizes:

- Garantir a estabilidade do mercado açucareiro, estabelecendo preços máximos e mínimos de modo a amparar sempre os interesses dos produtores e dos consumidores.
- Fixar o limite da produção de todas as fábricas de açúcar, de acordo com a capacidade dos maquinários e das lavouras.
- Controlar a produção açucareira de todo o país mediante serviços de fiscalização e de estatística para impedir o fabrico clandestino que afete o mercado.
- Regular as transações de compra e venda de cana entre os lavradores - fornecedores de cana e as usinas do país, determinando as quotas destas e daquelas para a fabricação de açúcar e adotando medidas acauteladoras dos respectivos interesses.
- Controlar o aproveitamento dos excessos de matéria-prima, apurados em todas as safras pelos referidos serviços, na fabricação de álcool anidro, destinado à mistura a gasolina em percentual pré-determinado para elaboração do carburante nacional.

Após a guerra, a produção do açúcar de beterraba volta ao normal e começa a haver excedente de 4 milhões de toneladas de açúcar. Afim de equilibrar o sistema, os países produtores se reúnem e decidem fazer um acordo objetivando coor

gerar a produção.

2.2 - Sistema de Transporte de Carga da Região Nordeste

O sistema de Transporte de Carga da Região Nordeste, embora dotado de uma deficiente infra-estrutura, é fator de fundamental importância ao desenvolvimento da região, integrando - a no contexto Sócio-econômico do país.

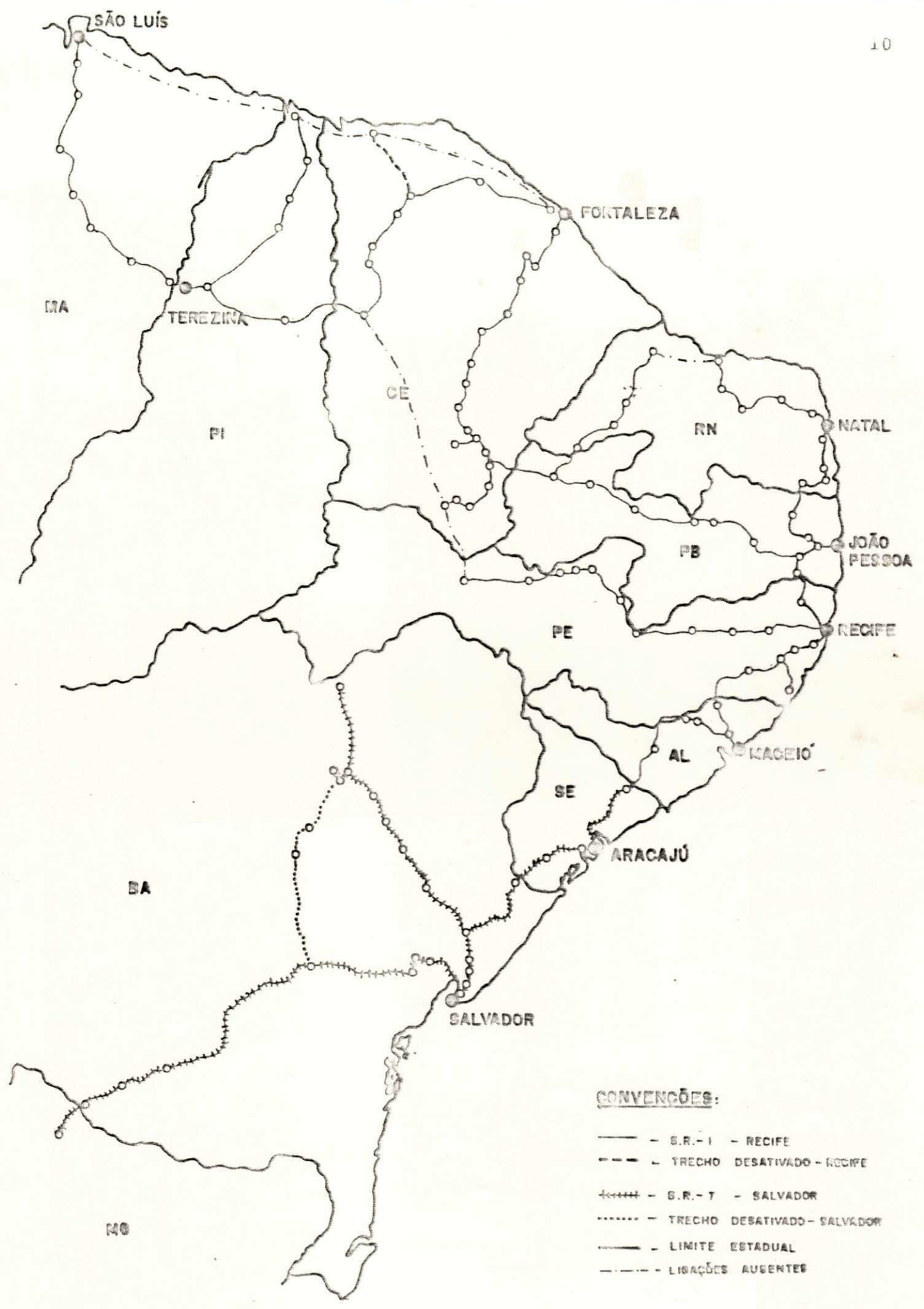
O referido sistema, orientando a princípio com vistas ao comércio exterior, teve na função portuária seu alicerce, caracterizando-se pela navegação marítima a longa distância, de cabotagem, e navegação fluvial (interior) e pela implantação de ferrovias voltadas para o escoamento da produção agrícola.

Numa segunda etapa, o transporte rodoviário aparece com o objetivo de estabelecer ligações importantes inter e intraregional.

2.2.1 - Sistema Ferroviário

O sistema ferroviário existente na região Nordeste é parte da malha regional que compõe a Rede Ferroviária Federal S.A. RFFSA, empresa estatal brasileira.

A malha ferroviária do Nordeste (veja a fig. nº 1) embora não apresente uma rede coerente e estruturada, une os principais pólos produtivos e administrativos da região Nordeste. Ela foi criada com objetivo de prolongarem-se as rotas marítimas existentes na época e sua formação decorreu da interligação das ferrovias estaduais. Cada estado possuía uma estrada de ferro isolada com finalidade específica de ligar os centros de produção aos portos exportadores. Pretendia-se também criar uma rota que chegasse ao Rio São Francisco. Não havia uma visão sistemática dentro do processo de formação, portanto, ainda hoje, exis



- CONVENÇÕES:**
- S.R.-I - RECIFE
 - - - TRECHO DESATIVADO - RECIFE
 - + + + + S.R.-T - SALVADOR
 - TRECHO DESATIVADO - SALVADOR
 - LIMITE ESTADUAL
 - - - - - LIGAÇÕES AUSENTES

FIGURA-1 - Identificação da malha ferroviária Nordeste
 FONTE: ADAPTAÇÃO - RFFSA

tem problemas de racionalidade e de entrave à expansão dos transportes de cargas por via férrea na região.

O primeiro trecho construído data de 1858 no estado de Pernambuco. A construção deveu-se a companhia inglesa "São Francisco Railway Company", que foi a primeira companhia inglesa ferroviária a se instalar no Brasil. A partir daí, outras companhias ferroviárias inglesas se instalaram no Brasil, entre elas: "Great Western of Brazil Railway Company Limited", "The Conde Dêu Railway Company Limited", entre outras. A facilidade de funcionamento dessas companhias inglesas no Brasil deveu-se à outorga de vantajosas concessões feitas pelo governo imperial, com o objetivo de atrair e amparar o capital estrangeiro para implantação de ferrovia no país.

O primeiro trecho construído datado de 1858, ao qual fez-se referência anteriormente, foi realizado entre as cidades do Recife e Cabo, como parte da construção da Estrada de Ferro do Recife ao Rio São Francisco. Em 1879, iniciou-se a construção da Estrada de Ferro do Recife ao Limoeiro. Em 1881, foram iniciados os trabalhos de construção da Estrada de Ferro Central de Pernambuco, que objetivava ligar o Recife a Caruaru. Em 1885, foi inaugurado o trecho entre Recife - Tapera. Nos anos consecutivos foram inaugurados os trechos Tapera - Glicério (1886) e Glicério (atual Pombos) - Russinha (1887). Passados sete anos, são inaugurados os trechos Russinha - Gravatá (1894), Gravatá - Caruaru (1885) e Caruaru - São Caetano (1895).

Em 1880 foi iniciada a construção da "Estrada de Ferro de Natal e Nova Cruz", fazendo a ligação entre Natal/São José do Mipubu, São José do Mipubu/Montanhas, Montanhas e Nova Cruz.

Também no ano de 1880 foi iniciada a construção da Estrada de Ferro Conde Dêu, dando início ao processo ferroviário no estado da Paraíba. A primeira ligação foi entre a cidade da Paraíba (hoje João Pessoa), e a cidade de Pilar. Em seguida, foi

iniciado, o trecho João Pessoa - Cabedelo. Em 1900 essa estrada de ferro "Conde Déu" foi interligada à estrada de ferro do Recife ao Limoeiro.

No estado das Alagoas foi em 1876 que iniciou-se a construção da "Estrada de Ferro Central das Alagoas", interligando as cidades de Jaraguá a Bebedouro; Maceió a União; União São José da Laje.

No período de 1881 a 1883 foi construída a "Estrada de Ferro" de Paulo Afonso, ligando as cidades de Piranhas em Alagoas, a Jatobá (hoje Petrolândia), no estado de Pernambuco.

Em 1882, foi inaugurada a "Estrada de Ferro de Baturité", ligando as cidades de Baturité (Ceará) a Fortaleza. Ainda no Ceará, no mesmo ano, foi inaugurada a "Estrada de Ferro de Sobral", ligando as cidades de Camocim a Sobral.

A malha ferroviária Nordeste inicia o século XX com as seguintes extensões: Ceará: 513,90 km; Rio Grande do Norte : 120,60 km; Paraíba: 140,59 km; Pernambuco: 645,85 km; Alagoas : 269,46 km; totalizando do Piauí à Alagoas 1.690 km de extensão. Já no ano de 1925 essa malha duplicou, passando a apresentar 3.300 quilômetros. Hoje, a malha do Maranhão a Alagoas, gerida pela Superintendência Regional Recife da RFFSA - SR-1, possui uma extensão de 4975 km e a Superintendência Regional de Salvador da RFFSA - SR-7 possui uma extensão de 1.793 km, perfazendo as duas 6.768 km. Na figura nº 1 apresenta-se a malha ferroviária da SR-7 e da SR-1, inclusive identificando-se os trechos de saturados.

A SR-1, apesar de apresentar uma malha relativamente extensa, apresenta uma produção muito pequena, em virtude principalmente da configuração espacial inadequada. Veja, por exemplo, também na fig. 1, a ausência de uniões diretas entre certos pontos importantes - Macau - Mossoró - Fortaleza - São Luís - Salgueiro - Crato - Cratêus, da incipiente economia da região

e da inadequação do modal do transporte de cargas.

A malha foi construída totalmente em bitola de 1 m e sua construção foi basicamente estruturada até os anos 20. Seu traçado é portanto antigo, com greides e curvas que impedem nos trechos acidentados o desenvolvimento de maiores velocidades.

O equipamento disponível é relativamente antiquado, obedecendo a uma lógica interna da empresa de dar prioridade de renovação dos equipamentos aos trechos mais rentáveis da região Centro-Sul, deslocando os equipamentos liberados para a região Nordeste. Essa lógica de alocação de equipamentos se repete internamente na região Nordeste cabendo em geral à Divisão Operacional de São Luís DOSAL-1 os equipamentos mais antigos da Rede Ferroviária Federal.

A rede ferroviária da região perde na competição pela carga com o sistema rodoviário, que capta volumes importantes de cargas que pelo seu caráter e pela distância de transporte seriam tipicamente ferroviários, como é o caso do açúcar, do cimento, do sal e de certos produtos minerais.

Outro fator que também contribui para a pequena participação do transporte de carga por ferrovia na região, é o atraso tecnológico no que se refere ao traçado, pátios, condições de via permanente e sinalização, que estagnou há 50 anos e um atraso menor, de 20 a 30 anos, no que se refere a material rodante.

2.2.2 - Sistema Rodoviário

O primeiro Plano Rodoviário Nacional aprovado pelo governo Federal data de 1944, e atendia aos critérios de : evitar o quanto possível, a superposição das rodovias aos troncos ferroviários nacionais; aproveitar trechos de rodovias existentes ; estabelecer no sistema do país, as convenientes das rotas aéreas, comerciais e postais, nos pontos adequados.

As linhas integrantes deste Plano Rodoviário Nacional foram denominadas:

- I - Rodovias longitudinais-aproximadamente no sentido Norte - Sul.
- II - Rodovias transversais-sensivelmente no sentido Leste-Oeste.
- III - Ligações entre pontos importantes de duas ou mais rodovias.

As linhas rodoviárias da região Nordeste representativas desses três grupos, e incluídas neste plano eram: Rodovia Transnordestina, Rodovia Pan-Nordestina (ambas no sentido norte-sul). As rodovias transversais: Rodovia do Maranhão, Rodovia do Piauí, Rodovia do Rio Grande do Norte, Rodovia da Paraíba, Rodovia de Pernambuco, Rodovia de Alagoas, Rodovia de Sergipe e Rodovia da Bahia.

Quanto a de ligação, para a região Nordeste, aparece somente a ligação Recife-Salvador.

Em 1951 foi aprovado um novo "Plano Rodoviário Nacional" o qual introduzia alguns acréscimos em termos de rede ao plano anterior.

Em 1964 é aprovado um novo Plano Nacional de Viação, o qual previa atender às necessidades sócio-econômicas e políticas estratégicas estimadas para os próximos 25 anos. Dentro desta orientação, o plano procurou constituir para a região Nordeste o arcabouço do atual sistema de transporte rodoviário. Do ponto de vista sócio-econômico, linhas tronco ao extremo sul ao Nordeste, traçadas ao longo do Planalto, e dentro da faixa de 500 km a partir da costa, de maneira a eliminar os istmos de circulação interior. A seguir, a relação de algumas rodovias previstas neste plano para a região Nordeste.

- Rodovias de penetração: BR-135 (São Luís, Peritoró, Bom Jesus, Barreiras, Montes Claros...)
- Rodovias longitudinais: BR-101 (Natal, João Pessoa, Recife, ...)

As linhas integrantes deste Plano Rodoviário Nacional foram denominadas:

- I - Rodovias longitudinais-aproximadamente no sentido Norte - Sul.
- II - Rodovias transversais-sensivelmente no sentido Leste-Oeste.
- III - Ligações entre pontos importantes de duas ou mais rodovias.

As linhas rodoviárias da região Nordeste representativas desses três grupos, e incluídas neste plano eram: Rodovia Transnordestina, Rodovia Pan-Nordestina (ambas no sentido norte-sul). As rodovias transversais: Rodovia do Maranhão, Rodovia do Piauí, Rodovia do Rio Grande do Norte, Rodovia da Paraíba, Rodovia de Pernambuco, Rodovia de Alagoas, Rodovia de Sergipe e Rodovia da Bahia.

Quanto a de ligação, para a região Nordeste, aparece somente a ligação Recife-Salvador.

Em 1951 foi aprovado um novo "Plano Rodoviário Nacional" o qual introduzia alguns acréscimos em termos de rede ao plano anterior.

Em 1964 é aprovado um novo Plano Nacional de Viação, o qual previa atender às necessidades sócio-econômicas e político-estratégicas estimadas para os próximos 25 anos. Dentro desta orientação, o plano procurou constituir para a região Nordeste o arcabouço do atual sistema de transporte rodoviário. Do ponto de vista sócio-econômico, linhas tronco ao extremo sul ao Nordeste, traçadas ao longo do Planalto, e dentro da faixa de 500 km a partir da costa, de maneira a eliminar os istmos de circulação interior. A seguir, a relação de algumas rodovias previstas neste plano para a região Nordeste.

- Rodovias de penetração: BR-135 (São Luís, Peritoró, Bom Jesus, Barreiras, Montes Claros...)

- Rodovias longitudinais: BR-101 (Natal, João Pessoa, Recife, ,

Maceió, Aracaju, Alagoinhas, Itabuna, Vitória, Campos Niterói...)

- Rodovias transversais: BR-222 (Fortaleza, Piripiri, Esperantina, Brejo ...); BR-232 (Recife, Arcoverde, Salgueiro...)
- Rodovias diagonais: BR-304 (Fortaleza, Boqueirão do Cesário, Aracati ...).

A execução, através da contratação e supervisão de empresas construtoras, dos programas rodoviários no âmbito federal, está a cargo do Departamento Nacional de Rodagem (DNER), e, no âmbito estadual, a cargo do Departamento de Estradas e Rodagem (DER). Na década de 60 o total de rede rodoviária pavimentada cresceu em torno de 200%, com recursos advindos do Fundo Rodoviário Nacional (FNT), verbas orçamentárias (inclusive créditos adicionais), recursos externos e recursos próprios.

Como modalidade mais importante no atendimento da demanda de serviços de transporte, as rodovias devem ter sua capacidade de oferta continuamente renovada para o atendimento das novas condições de mercado, numa economia em processo de industrialização. Além disso, suas relações, com as outras modalidades devem ser reformuladas no sentido de corrigir as distorções mais evidentes. Para isto, as principais linhas de ação devem ser:

- a) Expansão da rede, dentro de uma concepção unificada do sistema (principalmente dos sistemas federal e estadual), a custos mais baixos de construção e manutenção;
- b) Delegação da execução e manutenção das rodovias a entidades privadas e órgãos habilitados dentro de planejamento unificado do sistema, para permitir a redução das atividades executivas dos órgãos centrais;
- c) Implementação de programa de prioridades, tanto para construções quanto para pavimentação, utilizando os recursos disponíveis de maneira mais racional para ampliar a capacidade de oferta;

- d) Revisão e implementação dos planos diretores já realizados;
- e) Adaptação do transporte rodoviário às novas técnicas de integração intermodal (containers, roll-on-roll-off etc);
- f) Organização das empresas de transporte rodoviário, de carga e passageiros, em escalas de produção compatíveis com às novas necessidades da demanda.
- g) Ampliação da oferta de rodovias alimentadoras, rurais e de colonização para promover a integração de áreas ou regiões periféricas, aos núcleos mais dinâmicos da economia nacional e permitir o melhor aproveitamento da capacidade instalada na rede principal.

A extensão atual da rede rodoviária Nordestina é de 423.986,8 km representando 27% da rede nacional. Sendo a distribuição por estado conforme quadro a seguir:

E S T A D O	EXTENSÃO TOTAL (KM)	PAVIMENTADA (KM)
Maranhão	55.409,6	2.843,0
Piauí	55.585,9	3.357,2
Ceará	49.452,6	5.695,2
R. G. do Norte	26.912,2	2.372,6
Paraíba	34.545,6	2.190,7
Pernambuco	41.936,4	4.558,3
Alagoas	14.801,6	1.773,4
Sergipe	11.398,7	1.083,7
Bahia	133.944,2	9.558,2
T O T A L	423.986,8	33.432,3

Fonte: - DNER/DPP

Na figura nº 2 apresenta-se a rede rodoviária da região Nordeste, com as principais rodovias sfaltadas.

2.2.3 - Sistema Hidroviário

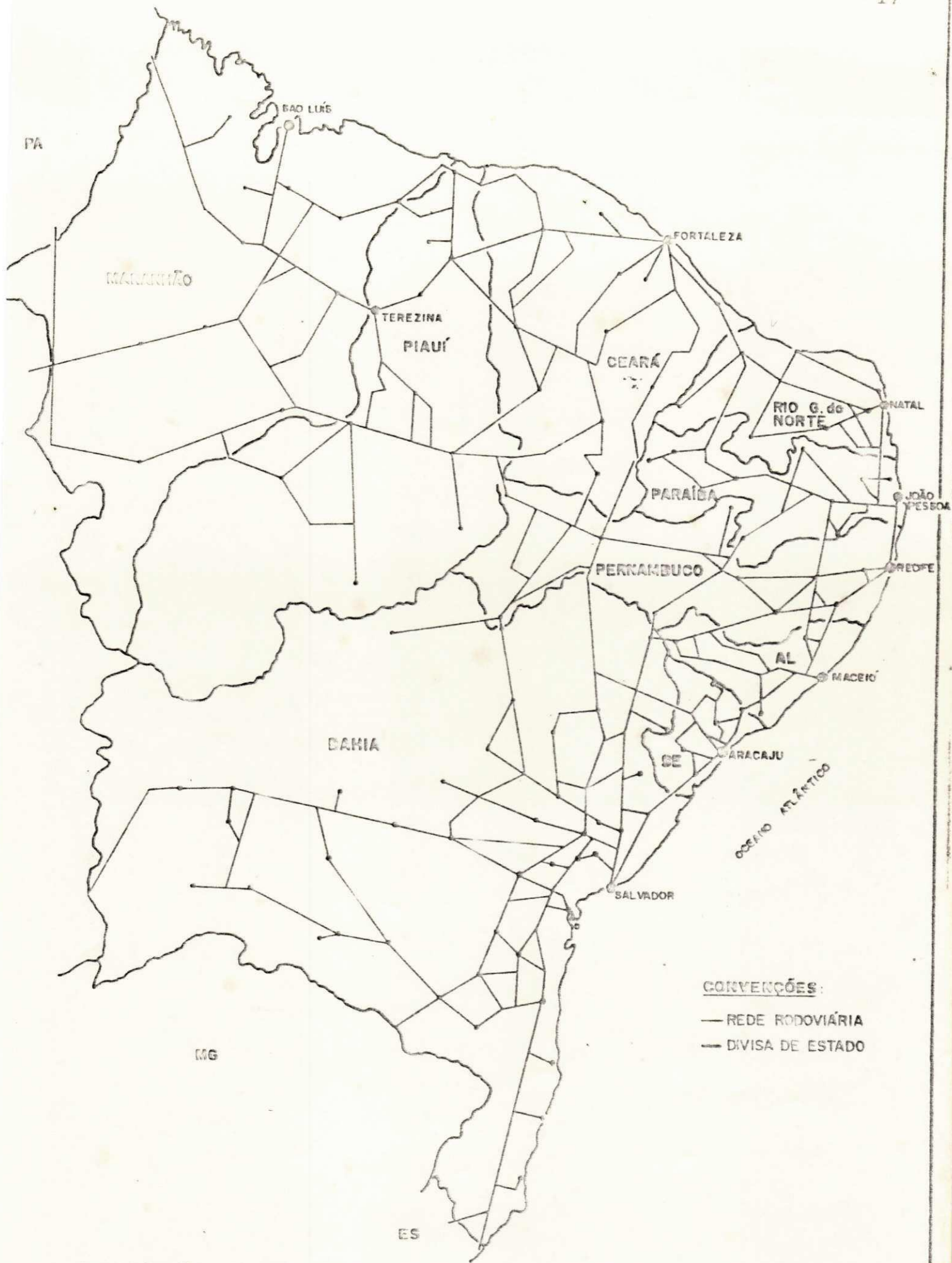


FIGURA - 2 - Identificação da malha rodoviária Nordesteira.
FONTE: GEIPOP

O sistema de transporte hidroviário na região Nordeste engloba o transporte de cabotagem e de longo curso.

O transporte de cabotagem tem uma participação incipiente, se comparado com a modalidade rodoviária embora a região possua uma costa ampla. Esta pequena participação do modal é explicada pelo grande desenvolvimento rodoviário do país, que fez com que 75% do mercado de transporte de mercadorias e 93% do mercado de transporte de passageiros fosse feito por via rodoviária.

No período colonial o volume de mercadorias comercializadas por via marítima era insignificante e não requeria maiores investimentos em estrutura portuária.

Com o desenvolvimento da navegação a vapor entre o Brasil e a Europa, o comércio por via marítima foi incrementado havendo assim necessidade de melhoria nas instalações portuárias.

Em 1861 a tarefa de melhorar e explorar os portos ficou com o Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, e os técnicos portuários eram recrutados geralmente entre oficiais do Exército e da Marinha ou mesmo entre profissionais estrangeiros. Em 1874 a Escola Politécnica do Rio de Janeiro criou a disciplina de Portos do Mar, Rios e Canais, objetivando formar profissionais com alguma capacitação portuária.

Já no Brasil república, a rede portuária foi construída e atingiu a quase totalidade dos estados da Federação. Na região Nordeste foram construídos os seguintes portos: Itaqui-MA; Fortaleza-CE; Areia Branca-RN; Natal-RN; Cabedelo-PB; Recife-PE; Maceió-AL; Aracaju-SE; Ibotirama-BA; Salvador-BA; Aratu-BA ; Ilhéus-BA.

Com o objetivo de superintender os trabalhos de construção, melhoramentos e operação dos portos do país, foi criada em 1911, a Inspetoria Federal de Portos, Rios e Canais.

Essa repartição passou por vários nomes: Departamento Na

cional de Portos e Navegação, Departamento Nacional de Portos , Rios e Canais, e finalmente, Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis, autarquia vinculada ao Ministério dos Transportes.

Em decorrência da Lei nº 6.222 de 10 de julho de 1975 , que criou a Empresa de Portos do Brasil S.A / Portobrás, foi extinto àquele departamento.

Por ser quase a totalidade da atividade econômica da região localizada na faixa litorânea, a navegação constitui-se assim, no complemento do sistema ferroviário, integrando internamente a região, com o restante do país e com o exterior. O grande número de portos existentes no litoral Nordeste, com as mais diferentes capacidades e muitas vezes próximos uns dos outros, indica a importância que teve o sistema de cabotagem no passado.

A partir do início da II Guerra Mundial, este sistema começou a perder substância, devido tanto à impossibilidade de importação de equipamentos e peças de reposição, como também à própria insegurança nas condições de navegação durante o conflito. No pós-guerra, a frota mercante brasileira achava-se bastante diminuída e, em grande parte, com navios obsoletos. A baixa rentabilidade, por sua vez, impedia a canalização de investimentos para os serviços de cabotagem, gerando a partir daí, um processo cumulativo de ineficiências.

Com a implementação do Plano Rodoviário Nacional com grandes investimentos nas ligações longitudinais paralelas ao mar e a implantação da indústria automobilística, o transporte marítimo começou a perder mercadorias que foram deslocadas para o transporte rodoviário.

Enquanto houve declínio no movimento de carga seca, o de graneis líquidos (petróleo cru e derivados) aumentou substancialmente no período. Para esse tipo de carga a tendência foi de

incremento substancial, a partir da criação da Petrobrás e, posteriormente, com a expansão significativa da Frota Nacional de Petroleiros (FRONAPE).

A grande dispersão de Portos no litoral Nordeste, que atenderam às necessidades de integração no passado, representa atualmente um obstáculo à concepção racional de um sistema portuário moderno onde torna-se cada vez mais importante a ligação ao número de portos de contacto com os fluxos nacionais e internacionais. Os grandes portos drenando o tráfego dos portos secundários.

Em relação à navegação fluvial é uma modalidade de transporte pouco expressiva na região. O clima e o relevo são responsáveis pelo reduzido papel que os rios possuem na modalidade de transporte.

A região possui duas bacias navegáveis, a do São Francisco constituída por dois trechos navegáveis, um que vai de Pirapora a Petrolina / Juazeiro e o outro de Piranhas até o São Francisco, e a bacia do Nordeste formada sobretudo por alguns cursos fluviais do estado do Maranhão, tais como os rios Pindar, Graja'u e Mearim. Os demais rios são, na maioria, representados por pequenos cursos d'água que pouco significam para os transportes.

Os portos fluviais caracterizam-se por uma grande pobreza de equipamentos e pelas condições físicas das bacias. Apesar de estruturalmente muito inferiores aos portos marítimos, os portos fluviais têm importância para região pois estabelecem ligação entre as zonas internas e os portos maiores do litoral.

Podemos citar como exemplo os portos da bacia do São Francisco que dinamizam uma área, drenando os fluxos de mercadorias e passageiros do interior de Minas e da Bahia, conectando com a rede ferroviária de Belo Horizonte, através do ramal Corinto / Pirapora, e com Salvador pelo ramal Petrolina / Juazeiro.

CAPÍTULO III

REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS

Com a finalidade de fornecer algum embasamento para o modelo descrito no Capítulo seguinte, apresentã_m-se alguns conceitos básicos de Programação Linear, Dualidade, Grafos e Redes de Transporte uma vez que o algoritmo utilizado na formulação do Modelo é o algoritmo de Fulkerson - (out-of-Kilter) e os referidos conceitos contribuem para o desenvolvimento do algoritmo.

Ao final do Capítulo, dá-se uma visão de circulação de fluxos em rede, analisando-se: a determinação da trilha mais curta e a maximização de fluxo.

3.1 - Programação Linear e Dualidade

A programação linear é uma técnica utilizada para resolver determinada classe de problemas em que se procura alocar recursos limitados a atividades ou decisões diversas, de maneira ótima.

O termo linear significa que todas as funções definidas no modelo matemático que descreve o problema devem ser lineares. De uma maneira geral, a representação matemática de um problema de Programação Linear tem a forma:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n C_j \cdot X_j \quad (\text{III-1})$$

sujeito às restrições:

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot X_j \leq B_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (\text{III-2})$$

$$\text{e mais } X_j \geq 0 \quad (j = 1, 2 \dots n) \quad (\text{III-3})$$

Nessas expressões A_{ij} , B_i e C_j são as constantes e os X_j ($j=1, 2 \dots, n$) são as variáveis.

A expressão (III-1) é denominada de função objetivo e representa a variável que se deseja otimizar.

Nos casos de maximização, Z representa usualmente receita monetária, lucro, benefício e taxa de retorno do capital.

Nos casos de minimização, Z representa geralmente custos ou benefícios negativos. Novaes (1978 : 15)

A cada modelo de programação linear, contendo coeficientes A_{ij} , B_i e C_j , corresponde um outro modelo, denominado Dual, formado por esses mesmos coeficientes, porém dispostos de maneira diferente. Ao modelo original dá-se o nome de Primal. Puccini (1972 : 132).

Seja o problema Primal definido conforme as equações (III-1 a III-3).

Associando-se a cada restrição do Primal uma variável Y , conforme a seguir, o problema Dual é definido:

$$\text{Min } D = \sum_{i=1}^{m_i} B_i Y_i \quad (\text{III-4})$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{i=1}^m A_{ij} Y_i \geq C_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{III-5})$$

$$\text{e } Y_i \geq 0 \quad (i = 1, 2 \dots, m) \quad (\text{III-6})$$

3.2 - Grafos e Redes de Transporte

Os grafos constituem uma técnica extensivamente aplicada na solução de problemas de controle de projetos, além de servirem como elementos auxiliares em alguns algoritmos usados na representação de redes de transporte.

Um grafo é formado por um conjunto de pontos, denominados nós, ligados entre si por arcos ou ramos. Simbolicamente um grafo é representado por:

$G = (X, U)$ onde X = conjunto de nós

U = conjunto de arcos

Adotou-se no trabalho a nomenclatura arcos e nós.

Os arcos podem ser orientados ou não. Quando existe um sentido associado a ele, o arco é orientado. Quando o arco é não orientado denominamos de ligação.

Um percurso ou trilha é uma seqüência de arcos tal que o nó terminal de um arco é o nó inicial do seguinte, com exceção do primeiro e último nós. Um dos problemas básicos em grafos é o da determinação da trilha mais curta entre dois nós, ou entre todos os nós sucessivamente percorridos.

Rede de transporte é um grafo finito sem voltas, ou seja, existe um número determinado de arcos e nós e não existe nenhum arco ligando um nó a si mesmo, deste modo existe apenas um nó chamado fonte, a partir do qual saem somente arcos efluentes, isto é com sentido do nó para fora, e existe apenas um nó, denominado dreno-Z, ao qual chegam somente arcos afluentes.

Quando um conjunto A de nós incluir o dreno-Z, mas não a fonte F , dizemos que o conjunto de arcos constitui um corte na rede. A capacidade do corte é dada pela soma das capacidades desses arcos. Se para um determinado corte, o fluxo for igual a capacidade do corte, então o fluxo é máximo.

A cada arco associa-se um número inteiro, denominado fluxo. O fluxo entre dois nós i e j é denominado X_{ij} onde a relação X_{ij} estabelece que os fluxos por sua natureza física, não podem ser negativos.

Os fluxos não devem superar a capacidade de cada arco. A cada arco é associado um valor monetário denominado C_{ij} que re-

presenta o preço de transferência ou realização da atividade.

O princípio da conservação do fluxo estabelece que o fluxo total que entra num nó deve ser igual ao fluxo total emergente desse nó.

Este princípio se aplica também a um conjunto de nós, isto é, a soma dos fluxos que penetram neste conjunto deve ser igual a soma dos fluxos que saem da região.

O conjunto de fluxos máximos que podem passar por uma rede é fundamental para a resolução de problemas que têm restrições quantitativas. Tais restrições podem ser de quantidades disponíveis, ou demandadas e/ou limites de capacidade nos arcos da rede. Se a quantidade disponível for maior que a capacidade da rede de transporte, o fluxo máximo será igual à capacidade da rede. Se a quantidade disponível for menor que a capacidade da rede, o fluxo máximo será igual a disponibilidade do produto a ser transportado. Se o déficit total nos diversos destinos for pequeno, em relação à disponibilidade do produto e à capacidade de transporte, as quantidades demandadas determinarão o fluxo máximo. Finalmente se houver uma demanda que não possa ser suprida, devido a restrições de transporte ou falta de produto, o problema será inviável.

O fluxo total que pode passar por uma determinada rede pode ser determinado pelo Algoritmo dos Fluxos Máximos. Este algoritmo não garante, no entanto, que os fluxos estejam colocados nos caminhos de menor custo. O Algoritmo de Fulkerson, baseado no Modelo de Redes Capacitadas, permite a alocação dos fluxos máximos nos caminhos de menor custo. A seguir será apresentado este algoritmo. Rabbani (1983 : 15)

3.3 - Circulação de Fluxos

A circulação de fluxos se caracteriza pela ocorrência de

movimento de alguma espécie de matéria, ou seja de algo que possa ser associado um significado físico, ao longo de uma rede qualquer.

O principal fator da circulação de fluxos é a Determinação da Trilha Mais Curta e a Maximização do Fluxo.

Estes dois problemas serão tratados nos sub-ítems a seguir:

3.3.1 - Determinação da Trilha mais Curta

Uma das "questões básicas" em grafos é o da determinação da trilha mais curta entre dois nós.

A questão é colocada da seguinte forma: Dado um grafo $G = (X, U)$, definido anteriormente, a cujos arcos são associados comprimentos $L(u_i) > 0$, deseja-se determinar uma trilha "T" entre o primeiro e o último nó de tal forma que o comprimento total seja mínimo.

$$L(t) = \sum_{u_i \in t} l(u_i) \text{ seja mínimo} \quad (\text{III-7})$$

Para resolver este tipo de problema, FORD desenvolveu um algoritmo que se baseia na rotulagem dos nós. O algoritmo se processa da maneira exposta a seguir:

Em primeiro lugar rotula-se o nó inicial (X_1) com o valor zero ($R_1 = 0$) e os demais nós com o valor infinito ($R_i = \infty$).

verifica-se para cada arco $\overline{X_i X_j}$, se a diferença entre os rótulos supera o comprimento do arco, isto é, se:

$$R_j - R_i > L(X_i, X_j) \quad (\text{III-8})$$

se isso ocorrer, substituir o rótulo R_j por:

$$R'_j = R_i + L(X_i, X_j) \quad (\text{III-9})$$

Repete-se o processo até que não haja mais arco algum para o qual a relação (III-8) se verifique.

Ao final, a trilha mais curta entre os nós X_i e X_n terá comprimento $L(t) = R_n$. Novaes (1978 : 174).

3.3.2 - Maximização do Fluxo

Para a maximização do fluxo em redes de transportes pode-se utilizar o algoritmo de Ford - Fulkerson, que será apresentado a seguir.

a) Inicialmente aloca-se um fluxo qualquer à rede, procurando saturar ao máximo os arcos ao longo das trilhas que ligam a fonte ao dreno. Em seguida constrói-se um grafo auxiliar, constituído apenas pelos arcos não-saturados. Sobre esse grafo aplica-se o algoritmo para determinação de uma trilha entre a fonte e o dreno. Voltando à rede de transporte original aumenta-se o fluxo na trilha não-saturada até que um de seus arcos fique saturado. Repete-se o processo até que não existam mais trilhas não-saturadas entre a fonte e o dreno. Tem-se, assim um fluxo completo.

b) Rotula-se o nó F (fonte) com $R_F = 0$.

c) Suponha que X_i seja um nó rotulado. Rotular com o valor $R_j = x_i$ os nós terminais de todos os arcos não-saturados j que saem de x_i , mas somente no caso de não estarem ainda rotulados. Rotular com o valor $R_k = -x_i$ os nós iniciais de todos os arcos usados K que chegam ao nó x_i , mas somente no caso de não estarem ainda rotulados.

Aplicar o processo da etapa (c) até que se chegue a uma das seguintes situações;

d) O dreno Z é rotulado;

e) Não é possível continuar a rotulação e o dreno Z não foi rotulado. Novaes (1978 : 183).

3.3.3 - Correspondência entre o Problema da Trilha mais Curta e do Fluxo-Máximo

Este problema pode ser resolvido combinando-se o algoritmo de Fluxo Máximo com um algoritmo de Determinação de Trilha Mais Curta, resultando daí o algoritmo de Fulkerson ("out - of-kilter"). Para que se possa utilizar o referido algoritmo a partir de uma solução inicial é necessário que a rede seja composta de arcos capacitados.

Os arcos capacitados indicam que existem restrições nos arcos quer sejam de limite inferior, superior ou até mesmo restrição de disponibilidade nas origens ou de quantidades demandadas aos destinos.

Dado um grafo orientado $G(N,A)$, onde N é o conjunto de nós, e A é o conjunto de arcos, deseja-se sobre este grafo resolver o seguinte problema de fluxo:

$$\text{Min } Z = \sum_{ij} C_{ij} X_{ij} \quad (i,j) \in A \quad \text{-----} \rightarrow \quad i \neq j \quad \text{(III-11)}$$

$$\text{sujeito às restrições } L_{ij} \leq X_{ij} \leq U_{ij} \quad (i,j) \in A \quad \text{(III-12)}$$

$$\sum_{ij} X_{ij} - \sum_{ji} X_{ji} = 0 \quad i \in N \quad \text{(III-13)}$$

onde: L_{ij} = limite inferior de fluxo no arco ij

U_{ij} = limite superior de fluxo no arco ij

C_{ij} = custo unitário do fluxo no arco ij

X_{ij} = fluxo entre dois nós i e j

Um conjunto $(X_{ij} / (i,j) \in A)$ satisfazendo a (III-13),

é chamado uma circulação. Uma circulação satisfazendo a equação

(III-12), é uma solução viável do problema. Fulkerson utilizando a característica particular do problema, desenvolveu um algoritmo primal dual cujo desenvolvimento matemático será descrito a seguir: Rabbani (1983 : 85-96)

Seja o problema primal de minimização representado a seguir:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (\text{III-14})$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{j=1}^n X_{ij} - \sum_{j=1}^n X_{ji} = 0 \quad (\text{III-15})$$

$$L_{ij} \leq X_{ij} \leq U_{ij} \quad (\text{III-16})$$

$$\text{desmembrando-se as restrições em } X_{ij} \geq L_{ij} \quad (i,j) \in A \quad (\text{III-17})$$

$$-X_{ij} \geq -U_{ij} \quad (i,j) \in A \quad (\text{III-18})$$

Passando-se ao dual, temos:

$$\text{Max } Y = \sum_{(i,j) \in A} (L_{ij} \alpha_{ij} - U_{ij} \beta_{ij}), \quad \forall (i,j) \in A \quad (\text{III-19})$$

$$\text{sujeito a: } P_i - P_j + \alpha_{ij} - \beta_{ij} \leq C_{ij}, \quad \forall (i,j) \in A \quad (\text{III-20})$$

$$\alpha_{ij} \geq 0 \text{ e } \beta_{ij} \geq 0, \quad \forall (i,j) \in A \quad (\text{III-21})$$

PK irrestrita em sinal K N.

onde: PK associado a restrição do tipo (III-15)

α_{ij} associado a restrição do tipo (III-17)

β_{ij} associado a restrição do tipo (III-18)

Pelo teorema das Folgas Complementares, Puccini (1972 : 149) os valores de X_{ij} satisfazendo a (III-15) e (III-16) e os valores de P_K , α_{ij} e β_{ij} satisfazendo a (III-20) e (III-21), serão soluções ótimas do primal e do dual respectivamente, se e somente se, para todo $(i,j) \in A$:

$$\begin{aligned} \alpha_{ij}(X_{ij} - L_{ij}) &= 0 \\ \beta_{ij}(U_{ij} - X_{ij}) &= 0 \\ X_{ij}(C_{ij} - P_i + P_j - (\alpha_{ij} - \beta_{ij})) &= 0 \end{aligned} \quad (\text{III-22})$$

Os três casos seguintes mostram todas as alternativas mutuamente exclusivas que satisfaçam as condições acima:

$$\begin{aligned} X_{ij} &= L_{ij} \text{ e } B_{ij} = \emptyset \text{ e } C_{ij} - P_i + P_j = \alpha > \emptyset \\ L_{ij} &< X_{ij} < U_{ij} \text{ e } \alpha = B_{ij} = C_{ij} - P_i + P_j = \emptyset \\ X_{ij} &= U_{ij} \text{ e } \alpha = \emptyset \text{ e } C_{ij} = P_i + P_j = -B_{ij} \leq \emptyset \end{aligned} \quad \text{(III-23)}$$

Supondo-se que as condições relativas a X_{ij} , P_i e P_j tenham sido satisfeitas então bastará que B_{ij} atenda a:

$$\begin{aligned} \alpha_{ij} &= \max [\emptyset, \bar{C}_{ij}] \\ B_{ij} &= \max [\emptyset, \bar{C}_{ij}] \end{aligned} \quad \text{(III-24)}$$

onde o custo de oportunidade \bar{C}_{ij} é definido como:

$$\bar{C}_{ij} = C_{ij} - P_i + P_j$$

P_i = preço no nó origem

P_j = preço no nó destino

C_{ij} = custo nos arcos

Pode-se dizer que uma circulação X_{ij} satisfazendo a (III-15) e (III-16) será ótima, se e somente se, for possível encontrar P_i e P_j , tais que $(i,j) \in A$, uma das três condições seguintes (mutuamente exclusivas) seja verificada:

$$\begin{aligned} \text{a) } \bar{C}_{ij} &> \emptyset \text{ e } X_{ij} = L_{ij} \\ \text{b) } \bar{C}_{ij} &= \emptyset \text{ e } L_{ij} < X_{ij} < U_{ij} \\ \text{c) } \bar{C}_{ij} &< \emptyset \text{ e } X_{ij} = U_{ij} \end{aligned} \quad \text{(III-25)}$$

Se todo arco da rede atender a uma das condições acima, a solução será ótima; caso contrário, o algoritmo "out-of-Kilter" (fora de condição) será aplicado para conduzir todos os arcos ao estado de Kilter (em condição).

As situações complementares das indicadas acima são em número de seis; para cada uma, pode-se formular uma expressão que se anulará quando o arco entrar em condição. Essas expres-

sões, cujos valores são chamados números "Kilter", são usados pelo algoritmo como indicadores. A tabela a seguir resume os seis casos "fora de situação", caracterizados pelas faixas de valores de \bar{C}_{ij} e X_{ij} que correspondem a cada uma, bem como as transições possíveis para cada uma das situações a, b ou c, e as expressões que fornecem os números "Kilter".

<u>CASO</u>	<u>E S T A D O</u>		<u>Nº DE KILTER</u>
a1	$\bar{C}_{ij} > \emptyset$	$X_{ij} < L_{ij}$	$L_{ij} - X_{ij}$
b1	$\bar{C}_{ij} = \emptyset$	$X_{ij} < L_{ij}$	$L_{ij} - X_{ij}$
c1	$\bar{C}_{ij} < \emptyset$	$X_{ij} < L_{ij}$	$\bar{C}_{ij} (X_{ij} - U_{ij})$
a2	$\bar{C}_{ij} > \emptyset$	$X_{ij} > L_{ij}$	$\bar{C}_{ij} (X_{ij} - U_{ij})$
b2	$\bar{C}_{ij} = \emptyset$	$X_{ij} > L_{ij}$	$X_{ij} - U_{ij}$
c2	$\bar{C}_{ij} < \emptyset$	$X_{ij} > L_{ij}$	$X_{ij} - U_{ij}$

O estado de um arco (i, j) pode ser representado por um ponto no plano, fig. 3. A diferença de preço entre a origem e destino ($P_j - P_i$) é plotada no eixo das ordenadas e o volume de fluxo (X_{ij}) no eixo das abcissas. A linha espessa representa os três estados de Kilter.

Se o arco está "out-of-Kilter", ele pode ser trazido para um estado de Kilter de 2 maneiras:

1) Movendo-se o ponto horizontalmente, através da alteração do fluxo X_{ij} ; e

2) Movendo o ponto verticalmente, através da alteração das variáveis duais de P_i e P_j , e portanto \bar{C}_{ij} .

Através dessas alterações, as seguintes transmissões de um estado "out-of-Kilter", para um estado de "Kilter" podem ocorrer:

a1 ---> a (aumentando-se x_{ij})

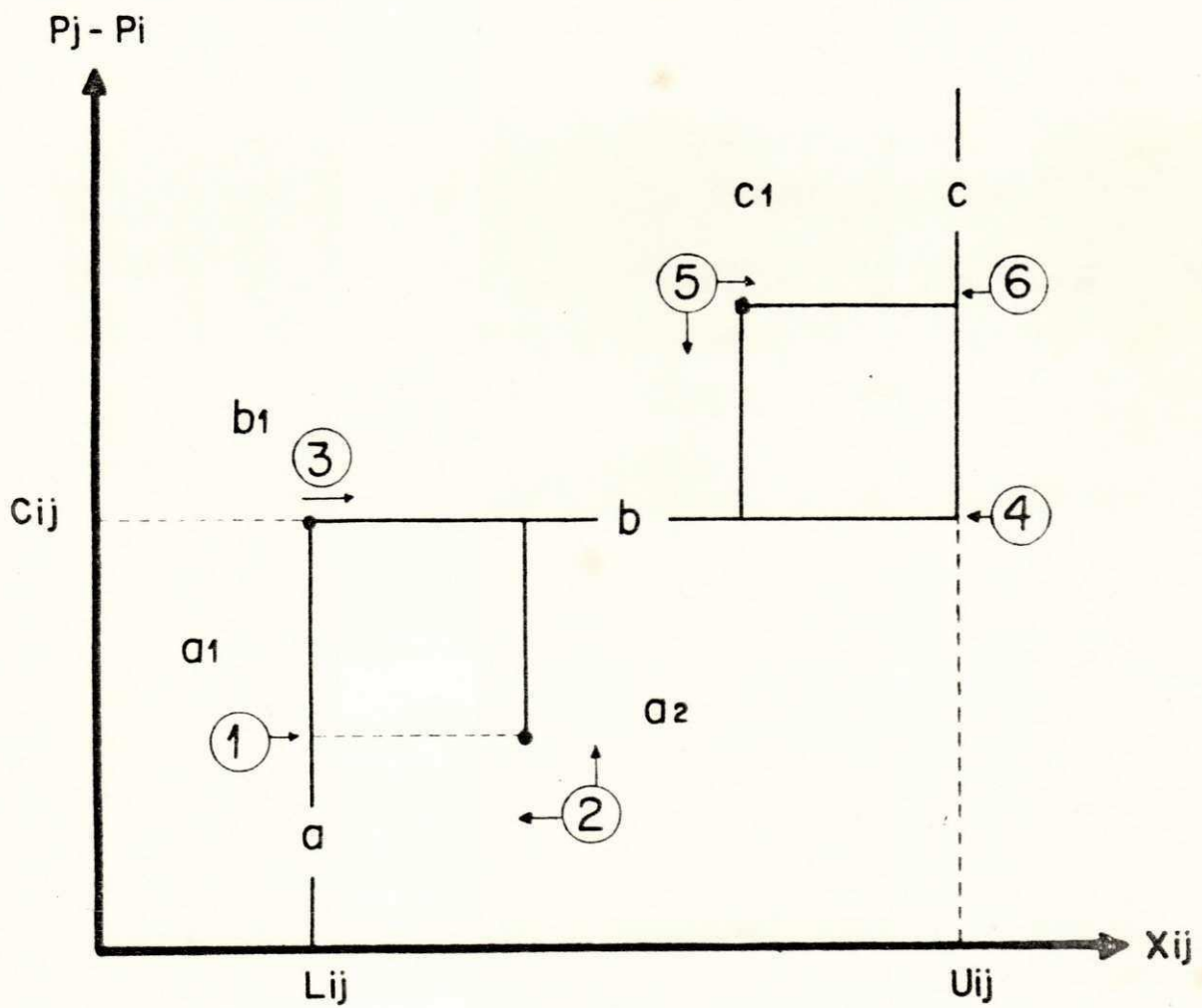


FIGURA - 3 - Ilustração dos estados de KILTER

FONTE: ADAPTAÇÃO DAS REFERÊNCIAS N° 8 e N° 13

- $a2 \rightarrow a$ ou b (diminuindo-se X_{ij}) ou (aumentando-se C_{ij})
 $b1 \rightarrow b$ (aumentando-se X_{ij})
 $b2 \rightarrow b$ (diminuindo-se X_{ij})
 $c1 \rightarrow b$ ou c (aumentando-se X_{ij}) ou (diminuindo-se C_{ij})
 $c2 \rightarrow c$ (diminuindo-se X_{ij})

Quando um arco está "out-of-kilter", a ele é associado um número positivo definido conforme o estado do arco, da seguinte maneira:

- $a1: K_{ij} = L_{ij} - X_{ij} > 0$
 $a2: K_{ij} = \bar{C}_{ij} (x_{ij} - L_{ij}) > 0$
 $b1: K_{ij} = L_{ij} - X_{ij} > 0$
 $b2: K_{ij} = X_{ij} - U_{ij} > 0$
 $c1: K_{ij} = \bar{C}_{ij} (X_{ij} - U_{ij}) > 0$
 $c2: K_{ij} = X_{ij} - U_{ij} > 0$

K_{ij} é denominado número de "Kilter" e assumirá valor zero se o arco foi levado a um estado de "Kilter".

A seguir são apresentados os passos do algoritmo.

1) Gerar um fluxo inicial que satisfaça às equações de conservação (não necessariamente às restrições de canalização); arbitrar valores para as variáveis duais P_k e achar os custos relativos.

2) Calcular os números "Kilter" para os arcos. Se todos eles forem nulos não há arcos "out-of-kilter" e a solução é ótima; caso contrário, escolhe-se um arco (X_i, X_j) fora de condição, de preferência o de maior número "kilter" e passa-se à etapa seguinte:

3) Procurar uma cadeia de aumento de fluxo entre X_i e X_j ; para isso, faz-se uma rotulação:

- partindo de X_j , nos casos 1,3 e 5 (referente a fig.3)
- partindo de X_i , nos casos 2,4 e 6 (referente a fig.3)

Os rótulos são da forma (índice do nó de origem do arco, valor de folga ϕ_{hl} do arco), à exceção do primeiro, que é $(-, \infty)$.

Se um nó X_k foi rotulado com (h, α_k) , um nó X_l será rotulado com (k, α_l) , onde $\alpha_l = \min(\alpha_k, \phi_{kl})$, da seguinte forma:

i) $\exists (X_k, X_l)$

$$\bar{c}_{kl} > 0 \text{ e } X_{kl} < L_{kl} \text{ (caso 1, } \phi_{kl} = L_{kl} - X_{kl} > 0 \text{)}$$

$$\bar{c}_{kl} < 0 \text{ e } X_{kl} < U_{kl} \text{ (casos 3 e 5, } \phi_{kl} = U_{kl} - X_{kl} > 0 \text{)}$$

ii) $\exists (X_l, X_k)$

$$\bar{c}_{lk} > 0 \text{ e } X_{lk} > L_{lk} \text{ (casos 2 e 4, } \phi_{lk} = U_{lk} - X_{lk} < 0 \text{)}$$

$$\bar{c}_{lk} < 0 \text{ e } X_{lk} > U_{lk} \text{ (caso 6, } \phi_{lk} = U_{lk} - X_{lk} < 0 \text{)}$$

Portanto, se ocorre uma situação (i) - arco no sentido do percurso o fluxo poderá ser aumentado, respeitando-se o limite dado pela folga; se ocorre (ii) - arco no sentido oposto ao do percurso o fluxo poderá ser diminuído, respeitando-se, também, a folga.

Se, usando a rotulação, conseguiu-se rotular o outro nó de (X_i, X_j) , existe uma cadeia de aumento de fluxo; então, se modifica o fluxo ao longo do ciclo formado pela cadeia e por

(X_i, X_j) , do valor

$$\alpha = \min(\alpha_i, \phi_{ij}) \text{ se se partiu de } X_j \text{ (casos 1,3,5)}$$

$$\alpha = \min(\alpha_j, \phi_{ij}) \text{ se se partiu de } X_i \text{ (casos 2,4,6)}$$

Se o arco entrou em condição, voltar para (2); caso contrário, apagar todos os rótulos e voltar a (3).

Se, usando a rotulação não foi possível obter-se uma cadeia, os valores tentativos dos P_j utilizados deverão ser revistos; ir para (4);

4) Se não foi possível obter-se uma cadeia, os P_k dos vértices que puderam ser rotulados devem ser modificados:

$$\alpha_K = P_k + \bar{C}_k$$

$$\text{onde: } \bar{C}_k = \min (C1, - C2,)$$

expressão na qual:

- C1 é o menor dos $\bar{C}_{ij} > \emptyset$ tais que, apenas o vértice X_i é rotulado, tendo-se $X_{ij} \leq U_{ij}$

- C2 é o maior dos $\bar{C}_{ij} < \emptyset$ tais que apenas o vértice X_j é rotulado, tendo-se $X_{ij} \geq L_{ij}$.

Se não existir C1 faz-se $Y1 = \infty$; da mesma forma para C2, fazendo $C2 = \infty$

Se $\bar{C} = \infty$, não há solução viável.

Se \bar{C} é finito, faz-se:

$$\alpha_K = P_k + \bar{C} \text{ para todos os nós rotulados.}$$

$$\alpha_K = P_k \text{ para todos os nós não rotulados.}$$

Se (X_i, X_j) entrou em condição, ir para (2); caso contrário, ir para (3). Rabbani (1983 : 85-96).

CAPÍTULO IV

O MODELO PROPOSTO

A região Nordeste possui uma extensa malha viária responsável pelo escoamento de produtos regionais entre os pontos produtores e os principais centros consumidores.

Praticamente 90% da produção está localizada nos estados de Pernambuco e Alagoas, enquanto que o consumo se estende a todos os estados da região, havendo assim grandes distâncias a serem percorridas a fim de que os mercados consumidores sejam abastecidos.

Analisando-se o assunto, buscou-se uma proposta de otimização do escoamento do produto (açúcar) dentro da região Nordeste, já que o preço do transporte é um fator que contribui no preço final do produto ao consumidor em torno de 10%.

Com a intenção de contribuir para a solução do assunto referenciado, utilizou-se um modelo que tem como objetivo a alocação de fluxos numa rede de transporte de forma a minimizar o custo total de transferência.

A formulação do modelo é baseada no algoritmo de Fulker-son, descrito no Capítulo anterior.

Tomou-se como base para formulação deste modelo, o trabalho desenvolvido na referência (Rabbani, 1983 : 22-38).

4.1 - Formulação Matemática do Modelo

A formulação matemática do modelo de Redes Capacitadas, que permite determinar o conjunto de fluxos máximos, X_{ij} , que

O algoritmo minimiza:

$$\sum_{ij} C_{ij} X_{ij} \text{ para todo } i \text{ e } j \text{ sujeito às seguintes restrições: (IV-1)}$$

$$\sum_j X_{ji} - \sum_j X_{ij} = 0 \text{ para todos os } i, \text{ e} \quad (\text{IV-2})$$

$$L_{ij} \leq X_{ij} \leq U_{ij} \text{ para todos os } i \text{ e } j \quad (\text{IV-3})$$

onde C_{ij} , L_{ij} e U_{ij} têm a mesma significação definida no Capít

tulo anterior.

A equação (IV-1) é a função objetiva a ser minimizada . Representa o custo total de transferência do açúcar na rede de transporte. O algoritmo minimiza este custo sujeito as restrições (IV-2) e (IV-3)².

A equação (IV-2) representa o princípio da conservação de fluxos em todos os nós da rede. Indica que a soma dos fluxos que chegam a um nó tem que ser igual à soma dos fluxos que saem do mesmo nó, significando que a rede, através da qual se modela o problema, deve ser tratada como uma rede em que não haja ganhos ou perdas nos volumes a serem escoados.

A inequação (IV-3) limita o fluxo de açúcar em cada arco da rede considerada. Os fluxos são alocados de modo que os limites em cada arco (i,j) sejam respeitados e se conservem em todos os nós da rede, de forma a minimizar o custo total.

A partir de iterações do algoritmo de Fulkerson, descrito no Capítulo anterior, são determinados os fluxos ótimos, com as suas respectivas rotas de menor custo, bem como o custo total da solução ótima. O algoritmo de Fulkerson, além de gerar os fluxos ótimos X_{ij} e o custo total da solução, determina de modo endógeno os custos líquidos de oportunidade dos arcos (\bar{C}_{ij}), os preços nos nós (P_i); os números de Kilter.

2 - Neste trabalho a palavra "custo" significa valor monetário e não está relacionada a custeio.

Dados os custos dos arcos, C_{ij} , os custos líquidos desses arcos, \bar{C}_{ij} , são calculados da seguinte maneira:

$$\bar{C}_{ij} = C_{ij} - (P_j - P_i)$$

este custo representa o custo marginal para se aumentar o fluxo, neste arco, em uma unidade.

O conjunto de preços relativos P_i é definido da seguinte maneira: $P_j = P_i + C_{ij}$ os valores P_j e P_i são estabelecidos fixando-se arbitrariamente um dos valores e calculando-se os demais pela equação anterior. Por conveniência, iguala-se a zero o preço em um dos nós e calcula-se os outros a partir daí. Os preços nos nós são recalculados em cada iteração, de modo que os aumentos de fluxo sejam feitos pelos caminhos de menor custo.

Estabelecidos estes parâmetros, a cada arco se associa um estado de Kilter e um número de Kilter.

4.2 - Descrição do Modelo

Com a finalidade de montar a rede de transporte utilizada na aplicação do modelo, foram inicialmente definidos os nós e os arcos da rede.

Os nós da rede são:

- 1) Os pontos produtores, no caso particular, as usinas que são os geradores de fluxos;
- 2) Os pontos de transbordo entre as diversas modalidades de transporte;
- 3) Pontos relevantes do sistema viário, quais sejam pontos de intersecção do sistema rodoviário e ferroviário, e,

4) Pontos consumidores, representados pelas capitais dos Estados da região.

Os arcos da rede representam o sistema de transporte nas três modalidades: Rodoviário, Ferroviário e Marítimo os quais ligam os nós entre si. Os arcos foram definidos como dois arcos paralelos, indicando que existe ligação nos dois sentidos. Quando a ligação for em um único sentido, só existe arco em um sentido.

Cada arco é caracterizado por três parâmetros: limite superior (U_i), limite inferior (L_i) e custo (C_i).

O limite superior do arco é definido como a capacidade física máxima do arco, representando assim o máximo volume de fluxo que ele pode suportar. No caso dos arcos estarem representando ligações viárias, o limite superior representa a capacidade máxima da via.

O limite inferior do arco é definido como a capacidade mínima física do arco, ou seja qual o mínimo volume de fluxo que deverá passar pelo arco. No caso do arco representar ligação viária, o limite inferior é a quantidade mínima de carga que deverá utilizar a via para cobrir os custos de investimentos, manutenção e implantação da via, no caso de ser uso exclusivo para o transporte do açúcar. As ligações viárias utilizadas na rede, têm múltiplos usos e a parcela de custo de investimentos, manutenção e operação que corresponde ao escoamento do açúcar é desprezível.

A tarifa utilizada em cada arco é a tarifa por unidade transportada de acordo com o cálculo tarifário apresentado pela RFFSA; pelo SETCEPE e pela Cooperativa dos Produtores de Açúcar do Estado de Pernambuco para os transportes ferroviário, rodoviário e marítimo respectivamente.

Com a finalidade de apresentar as características dos centros produtores e dos centros consumidores, o modelo permite

definir uma origem artificial ligada por arcos artificiais aos diversos pontos produtores, e um destino artificial ligando os centros consumidores através de diversos arcos artificiais.

Os arcos artificiais que ligam a origem artificial aos pontos produtores e os que ligam os centros consumidores ao destino artificial também são caracterizados pelos três parâmetros limite superior, limite inferior e custo. O limite superior representa a capacidade máxima de produção da usina correspondente, o limite inferior representa a produção mínima economicamente viável e o custo representa o valor da produção por unidade produzida, isto para os arcos que ligam a origem artificial aos pontos produtores.

Em relação aos arcos que ligam os pontos consumidores ao destino artificial, o limite superior e inferior são considerados iguais a fim de que as necessidades dos centros consumidores sejam garantidas.

Para complementar a circulação de fluxo na rede, o modelo permite acrescentar-se ao sistema um arco artificial ou fictício no sentido do nó destino (ou sumidouro) ao nó origem (ou fonte), o que garante a aplicação da lei de conservação de fluxo a esses dois nós. Este arco é caracterizado pelos três parâmetros: custo, limite superior e limite inferior. O limite superior é o somatório das quantidades demandadas aos centros consumidores e o limite inferior é zero. Considerando-se que a este arco artificial não está associado nenhum componente físico, o custo também é zero.

Na figura 4 apresentam-se as malhas rodoviária e ferroviária, bem como as ligações marítimas, identificando-se os pontos de intersecção da rede, os pontos produtores e consumidores. Na figura 5, faz-se uma representação esquemática da figura 4, acrescentando-se as distâncias entre os nós da rede.

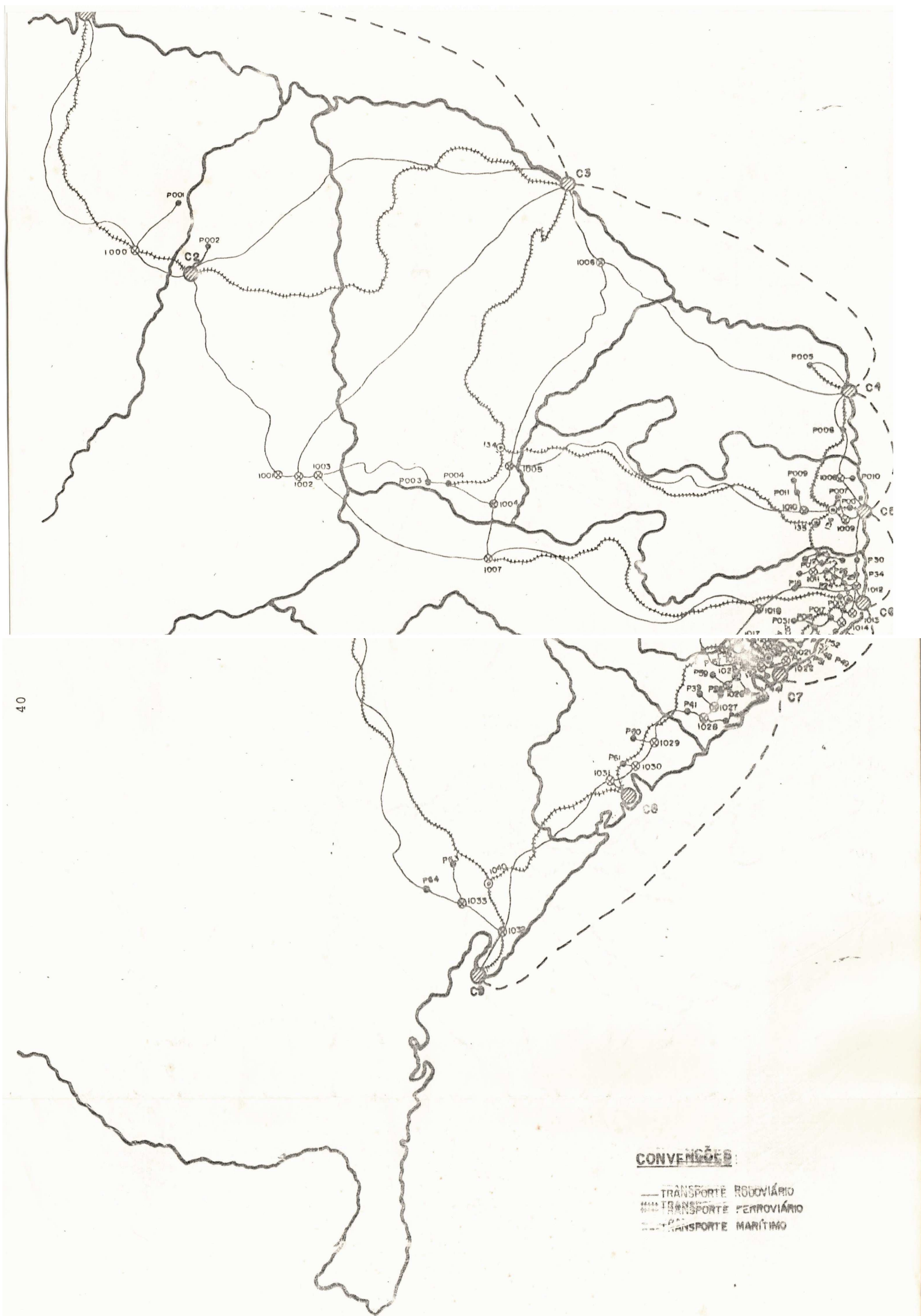


FIGURA - 4 - Representação da rede viária utilizada na elaboração do modelo

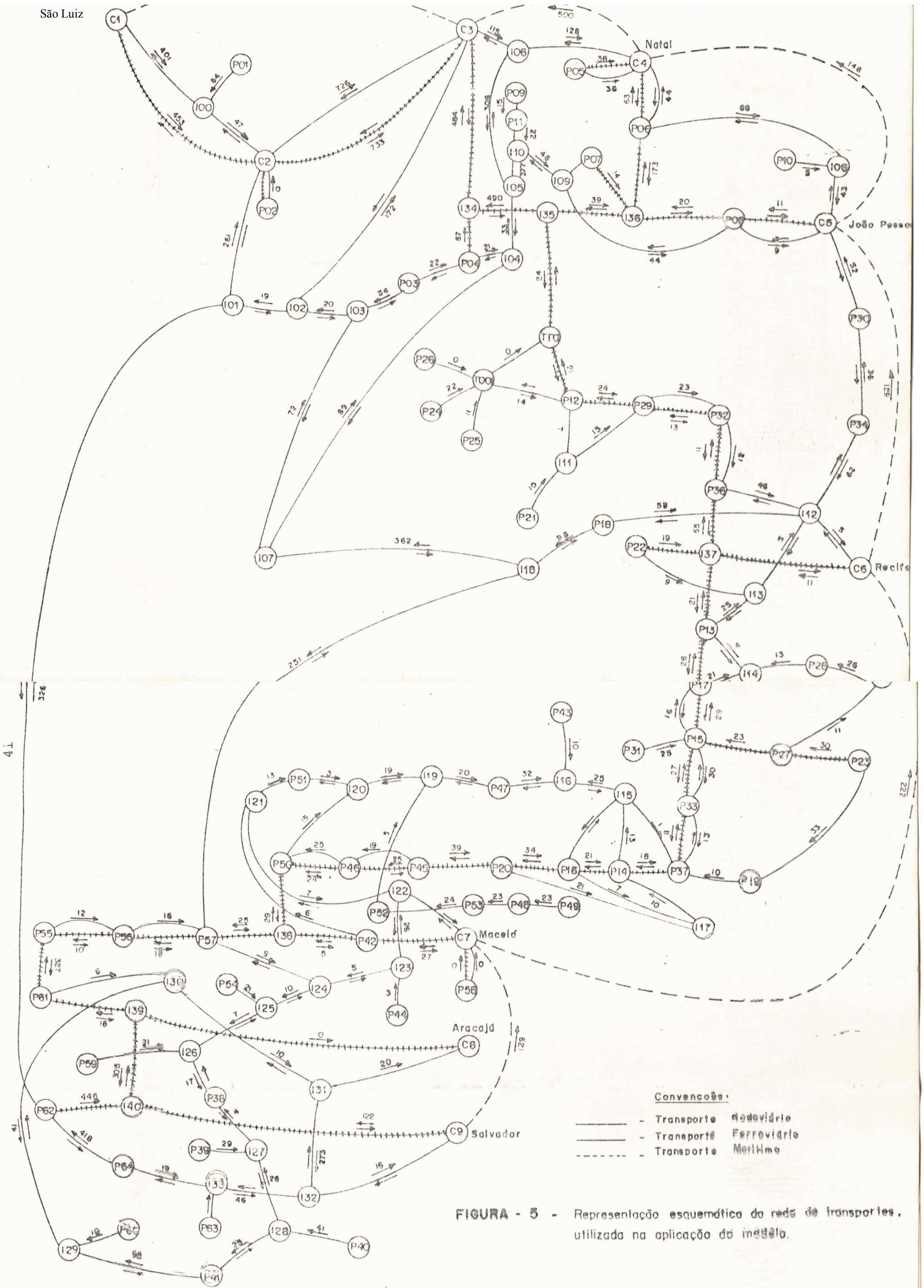


FIGURA - 5 - Representação esquemática da rede de transportes, utilizada na aplicação do método.

4.3 - Considerações Complementares

O modelo impõe para sua aplicação, os seguintes dados de entrada:

- a) A capacidade de produção de cada centro produtor (ton/safra);
- b) O preço de produção (B.T.N / tonelada);
- c) O preço da tarifa nas várias modalidades de transporte em cada arco da rede. (B.T.N / tonelada);
- d) A capacidade de cada arco da rede para cada modalidade de transporte (ton / safra);
- e) O Volume demandado em cada centro consumidor (ton / safra).

Como resultado serão obtidas as seguintes informações:

- a) Fluxos otimizados em cada arco;
- b) Custo de oportunidade em cada arco;
- c) Percentual de utilização da capacidade de cada arco;
- d) Número de "Kilter" para cada arco;
- e) Custo total da operação do sistema.

O resultado do modelo referente a fluxos otimizados em cada arco, possui uma especificação diferente, dependendo de qual representação possui o arco.

Os arcos que representam a produção de cada usina têm como resultado de fluxo otimizado, o volume otimizado da produção. Este resultado é de grande importância para o governo federal, via IAA, pois o IAA é o órgão que programa a produção de cada usina. O resultado pode apontar produção nula em alguma usina, indicando que a melhor solução é não produzir nada, ou indicar uma produção superior àquela dos dias atuais, sendo recomendável um acréscimo de produção naquela determinada usina, significando que o aumento de produção resultará em economia no sistema como um todo.

O resultado do modelo referente ao Custo de Oportunidade em cada arco da rede representa a variação no custo total de

sistema referente à alteração de uma unidade no fluxo do arco , conforme definido anteriormente.

Os custos de oportunidade positivos indicam que se houver aumento de 1 tonelada em determinado arco, haverá aumento no custo total do sistema. Se o custo de oportunidade apresentar valor negativo, significa dizer que se houver aumento de 1 tonelada em determinado arco, haverá diminuição no custo total do sistema. Já para o caso do custo de oportunidade apresentar valor nulo, significa que não haverá variação no custo total do sistema ao aumentar-se ou diminuir-se 1 tonelada em determinado arco.

Os custos de oportunidade de cada arco podem ser utilizados para uma classificação das prioridades de ação nos elementos do sistema, ou seja, aos menores custos de oportunidade estariam associadas as primeiras posições na escala de prioridades de intervenção.

Em relação ao número de Kilter, quando todos os arcos da rede apresentarem número de Kilter igual a zero, significa que todo o sistema está otimizado, e a solução é ótima.

Analisando-se o resultado do custo total de operação, ou seja o resultado total da função objetiva que significa o custo de produção e de transferência, pode-se buscar a melhor solução, ou qual a proposta que fornecerá uma função objetiva com menor custo.

Um exemplo de aplicação do modelo proposto, é apresentado no Capítulo VI com estudo do transporte do açúcar cristal na região Nordeste. No Capítulo seguinte apresenta-se a região de estudo e as características do sistema de produção, consumo e escoamento do açúcar cristal na região Nordeste.

CAPÍTULO V

CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE ESTUDO, DO SISTEMA DE PRODUÇÃO , CONSUMO E ESCOAMENTO DO AÇÚCAR.

A produção do açúcar na região Nordeste é comum aos nove Estados. Os Estados de Pernambuco e Alagoas são os maiores produtores da região e suas produções são distribuídas por toda a região regulando assim a relação oferta / demanda nos estados onde esta relação não é obedecida.

Esta distribuição interna do açúcar é exclusiva do açúcar cristal porque o açúcar demerara é destinado totalmente para exportação.

No escoamento interno da produção, o transporte rodoviário tem uma participação muito elevada se comparada com outras modalidades de transporte. Esta elevada participação do modal rodoviário trás conseqüências negativas para o transporte intermodal da região, que poderia ser bem mais atuante se houvesse uma política de prioridade a nível de Governo Federal.

5.1 - A Região de Estudo

A região escolhida para o desenvolvimento do trabalho foi a região Nordeste. A localização da região em relação ao Brasil pode ser vista na figura 6. A área ocupada pela região é de 1.540.032 km² e a população estimada para o ano de 1985 é de 39.003.865 habitantes.

Adotou-se para o zoneamento da região de estudo a divisão política adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e



FIGURA - 6 - Determinação da região de estudo.

TABELA N^o. 1

Relação das zonas consideradas e suas respectivas áreas e populações

Estado	Zona	Área (KM ²)	População (hab)	Capital	Centróide
Bahia	21	328.663	4.655.122	São Luís	C1
	22	250.924	2.412.592	Terezina	C2
	23	148.018	5.990.414	Fortaleza	C3
Nordeste	24	52.015	2.111.947	Natal	C4
Pernambuco	25	56.392	3.009.534	João Pessoa	C5
Pernambuco	26	99.291	6.742.169	Recife	C6
Pernambuco	27	37.721	2.224.229	Maceió	C7
Pernambuco	28	21.994	1.297.485	Arecápe	C8
Pernambuco	29	561.026	10.654.450	Salvador	C9

regiões, que são os 9 estados da região Nordeste, as quais denominou-se de zona. A centróide de cada sub-região é o pólo econômico principal da zona, tendo-se adotado neste trabalho as capitais estaduais como as centróides, havendo portanto na região de estudo, nove zonas e nove centróides, as quais estão apresentadas na tabela a seguir; onde são apresentadas também as áreas e a população de cada zona³.

Os dados obtidos na elaboração deste Capítulo foram conseguidos através de contatos com as Superintendências Regionais do Instituto do Açúcar e do Alcool em Pernambuco e Alagoas, com a Cooperativa Regional dos Produtores de Açúcar de Alagoas, com a Diretoria da Companhia Agro-Industrial Vale do Camaragibe em Maceió, com a Rede Ferroviária Federal, com o Sindicato das Empresas de Transportes de Cargas do Estado de Pernambuco-SETCEPE, com o Sindicato dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de Pernambuco - SINDAÇÚCAR, com a Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool de Pernambuco LTDA, com as firmas revendedoras de açúcar de Campina Grande, Celso Castro & Cia. Ltda. e Arthur Freire & Cia. Ltda. com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - I.B.G.E em Campina Grande e por fim, com a Diretoria da Usina Cucaú e Laranjeiras, escritórios localizados em Recife.

5.2 - Unidades Produtoras

As usinas são as unidades produtoras. Existem usinas com destilaria em anexo que produzem além do açúcar, o álcool anidro e/ou hidratado. A matéria-prima para produção do açúcar é a cana-de-açúcar. Na região de estudo a maior parte das usinas está localizada na chamada "Zona-da-Mata". A figura nº 7 ,

3 - Neste trabalho não se incluiu Fernando de Noronha

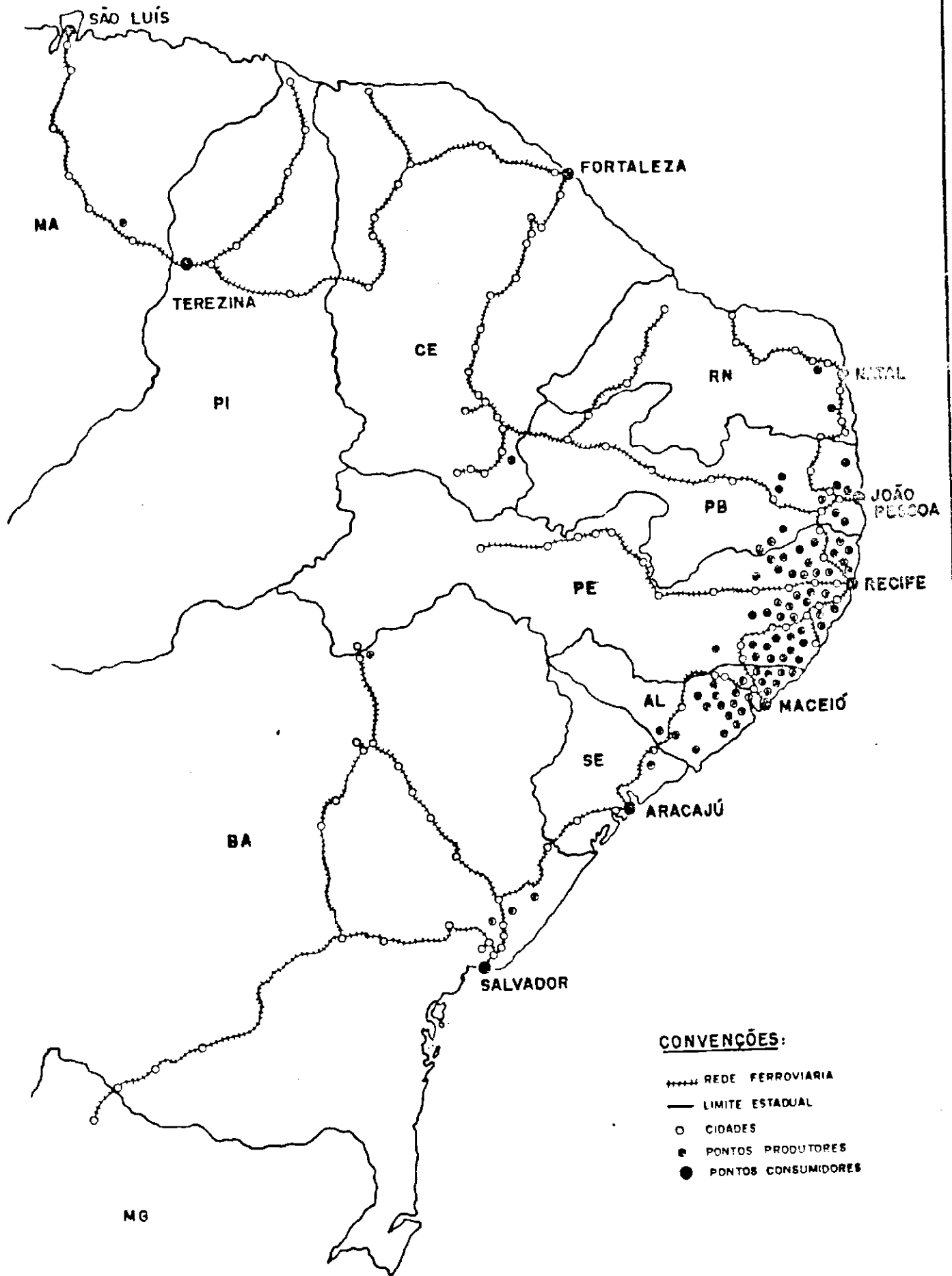


FIGURA - 7 - Localização dos pontos produtores e consumidores.

mostra a localização das usinas da região em estudo.

A região de estudo possui duas Superintendências Regionais do IAA. Uma localizada em Z6 (Pernambuco), que possui jurisdição sobre as zonas: Z6 (Pernambuco), Z5 (Paraíba), Z4 (R. G. do Norte), Z3 (Ceará), Z2 (Piauí) e Z1 (Maranhão), incluindo-se ainda outros Estados que não estão dentro da região de estudo quais sejam: Pará, Amazonas e Rondônia. Estão sob seu controle e fiscalização 39 usinas que possuem destilaria em anexo, 47 usinas sem destilaria em anexo e 25 destilarias autônomas (produzem somente álcool). A Superintendência Regional localizada na Z7 (Alagoas) abrange as zonas Z7 (Alagoas), Z8 (Sergipe) e Z9 (Bahia). Possui sob seu controle e fiscalização 4 usinas com destilaria em anexo, 31 usinas sem destilaria em anexo e 15 destilarias autônomas.

As zonas Z6 (Pernambuco) e Z7 (Alagoas) são responsáveis por quase 90% da produção do açúcar nordestino. A produção é caracterizada por três tipos de açúcar: açúcar cristal, demerara e refinado. A produção do açúcar demerara é exclusiva às zonas Z7 (Alagoas), Z6 (Pernambuco) e Z5 (Paraíba). Na tabela nº 2 a seguir, apresenta-se a participação percentual por zona na produção do açúcar dentro da região de estudo.

No anexo I (V-1) apresenta-se quadro comparativo entre as zonas Z6 e Z7, das produções de açúcar na região de estudo nas safras 84/85, 85/86 e 86/87.

O açúcar é um produto sazonal, a safra inicia-se em meados de agosto/setembro e finda em fevereiro/março, podendo haver variações do período devido as condições climáticas. Para que não aconteça falta do produto ou mesmo alterações no preço de mercado, no período de entre-safra, o IAA estipula uma cota de comercialização mensal para cada usina.

Neste trabalho todos os dados utilizados na aplicação do modelo são referentes ao açúcar cristal (sua produção em rela-

TABELA N^o. 2

Participação percentual por zona de produção do açúcar dentro da região de estudo. (Safrá 66/87)

Zona	Part. percentual
21	1.33
22	0.00
23	1.49
24	4.61
25	4.05
26	41.52
27	40.12
28	3.79
29	2.69
Total	100

Fonte: IAA - Pernambuco

ção à produção total de açúcar na região é de aproximadamente 30%). Ao final do Capítulo apresenta-se a tabela nº 4 com o volume de produção de cada usina.

O custo é superior ao custo de produção da região Sudeste. Esta diferença é devido às condições bem diversas das duas regiões. Fazem parte da composição dos custos itens como: Custo de fabricação, onde estão incluídos, custos de mão-de-obra, ingredientes, drogas, sacaria, energia elétrica, transporte, armazenagem etc. O preço está ligado diretamente à política do governo federal, por isso, nem sempre o preço é igual ao custo, ou o custo é o preço.

Na região de estudo existem duas Cooperativas Regionais. Uma na Z6 (Pernambuco) e outra na Z7 (Alagoas). A Cooperativa da zona seis (Pernambuco) possui 14 usinas cooperadas sendo 11 pertencentes à zona seis (Pernambuco), 1 à zona três (Ceará), 1 à zona quatro (Rio Grande do Norte), e 1 à zona cinco (Paraíba). Na zona sete (Alagoas) existem 14 usinas cooperadas todas pertencentes à zona sete (Alagoas).

No anexo I (tabela V-2) apresenta-se a relação das usinas cooperadas em cada zona.

Segundo informações do IAA a área de cultivo da cana-de-açúcar na região Nordeste vem crescendo safra após safra. A área cultivada com a cana passou de 472.000 ha na safra 84/85, para 542.490 ha na safra 86/87.

No anexo I (tabela V-3) apresenta-se a área cultivada com cana-de-açúcar nas safras 84/85, 85/86 e 86/87.

5.3 - Unidades Consumidoras

É tarefa bastante difícil e complexa definir o mercado consumidor do açúcar cristal dentro da região de estudo, uma vez que existe a comercialização feita pelas Cooperativas Regio

nais e existe a comercialização feita pelas próprias usinas.

A média do consumo per-cápita para a região de estudo é de 40 kg de açúcar por ano (Nóbrega, 1984:10) considerando - se a população estimada por zona, no ano de 1985 identifica - se quais as zonas que possuem déficit ou excesso de produção de acordo com o consumo per-cápita. (Veja a tabela nº 3 a seguir). De acordo com a tabela pode-se verificar que durante a safra 86/87, o consumo foi maior do que a produção, havendo um déficit de 76.601 toneladas.

Este déficit não é sentido pelo consumidor porque existe o "estoque de passagem" que é o estoque que regulariza o mercado. Outro fator também importante é que nesta safra 86/87, a produção foi bem inferior às safras anteriores e posteriores, devido ter sido uma safra com baixa precipitação pluviométrica, sendo portanto uma safra atípica. Nas safras 84/85; 85/86; 86/87 as precipitações pluviométricas foram 2.066 mm, 2.141 mm e 1.776 mm respectivamente.

Com a finalidade de complementar os dados fornecidos, apresentam-se no anexo I duas tabelas, as quais mostram:

- tabela (V-4) - volume exportado para outros países na safra 87/88 (origem Z7).
- tabela (V-5) - volume exportado para outros países na safra 84/85 (origem Z6).

5.4 - escoamento da Produção

O escoamento da produção do açúcar cristal é definido pelo comprador ou pelas usinas, não havendo nenhuma intervenção do IAA. O mercado é livre, havendo apenas normas do IAA obrigando a produção regional ser comercializada na própria região Norte/Nordeste, ou seja, não é permitida a "importação" do açúcar produzido na região Centro/Sul. nem tão pouco sua exportação.

TABELA Nº. 2

Produção e consumo per capita do açúcar cristal na região de estudo.

Produção da safra 1986/1987.

Pop. Estimada: 1985

Unidade: toneladas

Comuna	Produção	População	Consumo	Excedente	Déficit
21	45.211	4.655.122	196.205	-----	140.894
22	-----	2.419.502	26.782	-----	96.780
23	50.511	5.890.414	235.617	-----	189.839
24	156.406	2.111.947	84.478	71.928	-----
25	119.712	3.009.524	120.341	-----	1.629
26	409.989	6.742.159	269.697	139.292	-----
27	484.379	2.224.229	99.959	395.410	-----
28	128.463	1.297.185	51.999	76.564	-----
29	90.892	10.654.458	426.178	-----	225.296
Total	1.492.553	39.093.865	1.560.154	683.104	764.438

Obs.: Consumo = população x 40 Kg/per capita x ano

I.B.G.E - Campina Grande

I.A.A. - Superintendência de Pernambuco

I.A.A. - Superintendência de Alagoas

tação para àquela região.

O escoamento do açúcar cristal dentro da região de estudo apresenta uma elevada participação da modalidade rodoviária, chegando a atingir 85% de participação percentual, se comparado com as outras modalidades.

Como a produção se concentra nas Z6 (Pernambuco) e Z7 (Alagoas) e o consumo se estende à toda a região, as distâncias percorridas são longas. Baseando-se na afirmação do Eng. Otto Vergara em que o transporte rodoviário só é recomendável para distâncias no máximo iguais a 350 km, constata-se que a modalidade ideal para este escoamento não é via rodoviária. Embora admita-se que apontar a melhor modalidade transporte levando-se em conta só o aspecto da distância não é o mais acertado.

Avaliando-se a relação de 16 produtos transportados pela RFFSA durante os anos de 1986 e 1987 o açúcar cristal participou com o 8º e 15º produto em ordem decrescente de participação efetiva na RFFSA. A modalidade ferroviária em termos percentuais, comparada com outras modalidades participa com apenas 3% do escoamento do açúcar cristal na região.

Esta incipiente presença da ferrovia acontece de uma forma geral no escoamento das zonas Z6 e Z7 para as zonas Z5 e Z3. Em muitos casos o escoamento para as zonas Z1 e Z2 (zonas mais distantes das zonas produtoras) o escoamento é feito por rodovia. Já para os estados do Pará, Amazonas e Amapá o escoamento é feito por via marítima.

Na região de estudo existe um único ponto de transbordo rodo-ferroviário que se localiza na zona seis, na cidade de Timbaúba. Este ponto de transbordo é utilizado para escoamento que apresenta a composição rodo-ferroviária na maior parte com destino as zonas Z1, Z2 e Z3.

Em se tratando do escoamento do açúcar demerara, o quadro é bem diferente do açúcar cristal; em primeiro lugar o es -

coamento do demerara é totalmente destinado aos pontos de exportação das zonas seis e sete, sendo portanto as distâncias a serem percorridas bem pequenas, em média 100 km, e pela mesma indicação de Vergara citada anteriormente, neste caso a modalidade indicada seria a rodoviária.

Numa relação de produtos transportados pela rede nos anos de 86 e 87 identificou-se que o açúcar demerara participou com o 2º e o 1º lugar dentre os produtos transportados pela RFFSA, em termos de toneladas útil. Se fosse em tonelada quilômetro, com certeza o açúcar demerara cairia na escala de valor para outros produtos transportados pela RFFSA.

Constatou-se que muitas usinas têm ramal ferroviário na própria usina e ainda existe a opção pelo modal rodoviário. No anexo I (V-6), apresenta-se a relação dos principais produtos transportados pela RFFSA.

TABELA Nº. 4: Relação dos municípios produtores de açúcar na Região Nordeste e seus respectivos volumes de produção.

coluna(1) - codificação do município produtor.

coluna(2) - nome do município produtor.

coluna(3) - volume de produção do município.

coluna(4) - volume de produção do município acrescido de 20 %.

* Considerou-se para a aplicação do modelo a produção do município.

Em alguns casos existem mais de uma usina produzindo no mesmo município, para estes municípios adotou-se a produção total como a soma da produção de cada usina daquele município.

TABELA N.º. 4

relação dos municípios produtores de açúcar na Região Nordeste e seus respectivos volumes de produção

(1)	(2)	(3)	(4)
CÓDIGO	MUNICÍPIO	VOL. PRODUÇÃO (toneladas)	VOL. PROD. ACRESCIDO 20%
P001	Coelho Neto	45.311	54.373
P002	Terezina	—	—
P003	Barbalha	50.552	60.662
P004	Missão Velha	—	—
P005	Ceará Mirim	37.078	44.494
P006	Goianinha	119.329	143.195
P007	Sapé	11.148	13.378
P008	Santa Rita	58.496	70.195
P009	Areia	12.506	15.007
P010	Rio Tinto	19.888	23.866
P011	Alagoa Grande	10.204	12.245
P012	Aliança	26.576	31.891
P013	Cabo	3.438	4.126
P014	Cafende	—	—
P015	Ribeirão	11.148	13.378
P016	Maraiá	16.179	19.415
P017	Escada	31.082	37.298
P018	Pombos	—	—
P019	Água Preta	6.307	7.568
P020	Quipapá	10.937	13.124
P021	Vicência	55.884	67.061
P022	Jaboatão	18.811	16.573
P022	Barreiros	18.004	21.605
P024	Macaparana	4.600	5.520
P025	Ferreiros	35.678	42.814
P026	Timbaúba	22.514	27.017
P027	Rio Formoso	12.253	14.824
P028	Ipojuca	23.842	28.610
P029	Nazaré da Mata	13.278	16.051
P030	Goiana	13.592	15.110
P031	Cortes	8.732	10.478
P032	Carpina	32.502	39.002
P033	Joaquim Nabuco	—	—
P034	Igarassu	23.947	28.736
P035	Sirinharen	15.152	18.182

TABELA Nº. 4

Código	Município	Vol. produção (tonelada)	Vol. produção acréscido 20%
P036	Paudalho	—	—
P037	Palmares	10.234	12.281
P038	São Miguel	114.149	136.979
P039	Campo Alegre	40.715	48.858
P040	Coruripe	87.215	104.658
P041	Junqueiro	—	—
P042	Rio Largo	69.033	82.840
P043	Colônia Leopoldina	12.375	14.850
P044	Pilar	5.257	6.308
P045	São José da Laje	25.533	30.640
P046	União Palmares	12.896	15.475
P047	Joaquim Gomes	13.366	16.039
P048	M. Camaragibe	—	—
P049	Porto Calvo	4.600	5.520
P051	Murici	—	—
P051	Messias	7.993	9.592
P052	Flexeiras	—	—
P053	S. I. Quintinde'	47.097	56.516
P054	Marechal Deodoro	22.690	27.228
P055	Cajueiro	—	—
P056	Capela	6.986	8.383
P057	Atalaia	12.411	14.893
P058	Maceió	—	—
P059	Boca da Mata	2.065	2.478
P060	Capela	48.059	57.671
P061	Laranjeiras	80.404	96.485
P062	Juazeiro	47.680	57.216
P063	Terra Nova	—	—
P064	Amélia Rodrigues	43.202	51.842

CAPÍTULO VI

APLICAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo foi aplicado sobre uma rede esquemática de transportes montada exclusivamente para este trabalho. Os dados necessários à aplicação do modelo, apresentados no capítulo anterior, são referentes à produção, consumo e escoamento do açúcar na Região Nordeste durante a safra 86/87. Adotou-se neste trabalho os dados da safra 86/87 por ter sido a única das três últimas safras analisadas, que encontrou-se todos os dados necessários a aplicação do modelo proposto. Eles foram coletados nas instituições federais, estaduais, municipais e/ou particulares que têm alguma relação com os assuntos tratados, neste trabalho.

Inicialmente, apontam-se algumas particularidades a respeito da produção, do consumo e do escoamento do açúcar e algumas considerações adotadas a fim de que o modelo possa ser operacionalizado. A seguir apresentam-se algumas alternativas para a aplicação do modelo e analisam-se os resultados obtidos.

6.1 - Considerações Iniciais

Inicialmente partiu-se para a primeira etapa da aplicação do modelo, qual seja, o fornecimento de todos os dados de entrada, os quais foram listados no capítulo anterior, que serão descritos detalhadamente a seguir:

a) Capacidade de produção de cada centro produtor. A produção de cada usina é definida pelo IAA, que é o órgão federal que coordena a produção e a comercialização do açúcar a nível nacional.

Cada usina possui uma quota de produção estipulada por safra . De acordo com os relatórios fornecidos pelo IAA e a estimativa de consumo elaborada neste trabalho, haveria um déficit de açúcar cristal na região de 76.601 toneladas na safra analisada. A relação entre produção e consumo é $P < C$, onde "P" representa o somatório da produção na safra 86/87 e "C" representa o consumo estimado para a referida safra. Com a finalidade de atender a relação $P = C$, o valor de "P" deveria crescer em torno de 5% o que corresponderia aproximadamente 76.601 toneladas.

Em contactos feitos com os produtores de açúcar, chegou-se a conclusão de que na verdade as usinas têm capacidade para aumentar sua produção em até 20%. Adotou-se então como dado de entrada, a respeito do volume de produção, o valor de produção informado pelo IAA acrescido de 20% e não, simplesmente o acréscimo de 5% que tornaria a relação $P = C$ verdadeira.

b) Preço de Produção. O preço de produção do açúcar cristal foi considerado igual para todos os pontos produtores. Este preço foi transformado em B.T.N e o valor adotado para a B.T.N foi de NCz\$ 3,00. O valor do preço da produção de uma tonelada de açúcar cristal na segunda quinzena do mês de setembro de 1989 era 370 B.T.N e foi informado pela Cooperativa dos Produtores de Açúcar do Estado de Pernambuco.

c) Preço da tarifa de transporte. O preço da tarifa também foi transformado em B.T.N. Os cálculos tarifários foram elaborados levando-se em consideração as distâncias quilométricas de cada arco para cada modalidade específica, conforme as planilhas fornecidas pela RFFSA e pelo SUTCEPE para as modalidades ferroviária e rodoviária. Para o transporte marítimo a Cooperativa dos Produtores de Açúcar do Estado de Pernambuco forneceu o valor dos fretes de açúcar cristal para todos os estados do Nordeste onde este transporte é realizado. No anexo II apresentam-se as tabelas utilizadas para o cálculo tarifário.

d) Capacidade de cada arco. Adotaram-se capacidade diferentes dependendo da característica de cada arco. Para os arcos que representam as características dos centros produtores, adotou-se a capacidade máxima deste arco como a produção de cada usina informada pelo IAA acrescida de 20%. A capacidade mínima é a produção mínima economicamente viável e adotou-se como nula para todos os pontos produtores.

Nos arcos que representam os centros consumidores, o limite superior é igual ao limite inferior e desta forma, garantese que o Centro Consumidor seja abastecido. Como citado no capítulo V, o consumo total de cada centro consumidor foi calculado como o consumo per-cápita anual, multiplicado pela população estimada para o ano de 1985.

No caso dos arcos que representam as transferências do produto entre os diversos pontos, o limite superior foi adotado como um número consideravelmente grande, informando assim, que não existem restrições nas vias. Para o limite inferior adotou-se o valor zero pois como a via tem múltiplos usos, e não é específica para o transporte do açúcar cristal, a parcela de custo de operação e manutenção que incide neste produto é muito pequena, podendo ser desprezada. No entanto, se houver algum novo trecho a ser implantado, o limite inferior será representado pela quantidade de produto necessária para que no período do projeto, o investimento seja amortizado.

6.2 - Alternativas Analisadas

O modelo descrito no Capítulo anterior permite analisar e fazer a comparação entre várias alternativas.

Estas alternativas podem ser mudanças em um grau elevado ou mínimo no sistema, eliminação ou inclusão de algum trecho ,

de pontos de transbordo, atuação mais efetiva da inter-modalidade de transporte, dentre outras alternativas.

Com o objetivo de avaliar-se a aplicabilidade do modelo, analisar-se-ão algumas alternativas. Estas análises não têm a finalidade específica de servirem exclusivamente para efeito ilustrativo, mas servirem também como subsídio para órgãos envolvidos com a questão da produção e escoamento do açúcar cristal na Região Nordeste.

Em primeiro lugar citam-se as alternativas propostas para em seguida discutirem-se detalhadamente cada uma delas.

4 a) Alternativa 1 - Avaliação do escoamento do açúcar cristal na região de estudo, tomando-se como base a atual rede. Esta alternativa foi tomada como alternativa básica.

b) Alternativa 2 - Avaliação do escoamento do açúcar cristal na região de estudo, tomando-se como base a rede da alternativa 1 e acrescentando-se 30% na produção daquelas usinas que apresentaram no resultado da aplicação do modelo, custo de oportunidade negativo.

c) Alternativa 3 - Avaliação do escoamento do açúcar cristal na região de estudo tomando-se como base a rede da alternativa 1 e alocando-se nas cinco usinas que apresentaram menor valor do custo de oportunidade, após a aplicação do modelo, uma produção fictícia de 70.000 toneladas.

d) Alternativa 4 - Avaliação do escoamento do açúcar cristal na região de estudo, tomando-se como base a rede da alternativa 1 e acrescentando-se três pontos de transbordo rodô - ferroviário e/ou ferro-rodoviário em locais estratégicos dentro da região de estudo.

(+) A alternativa 1 avalia o escoamento do açúcar cristal na região Nordeste levando-se em consideração a atual rede existente na região. Fazem parte desta rede as modalidades rodoviária, ferroviária e marítima, com pontos de transbordo entre as diversas modalidades quais sejam: rodo-ferroviário, rodo-marítimo, marítimo-rodoviário, ferro-marítimo e marítimo-ferroviário. O único ponto de transbordo rodo-ferroviário existente na região é o localizado no estado de Pernambuco especificamente na cidade de Timbaúba. Segundo informações da RFFSA o custo de operacionalização deste transbordo, em setembro de 1989, foi avaliado em 3 B.T.N./ton. Os outros pontos de transbordo que envolvem a modalidade marítima estão todos localizados nos centros consumidores, mais especificamente nos Terminais Portuários. Mesmo nos centros em que o Terminal Portuário não esteja localizado exatamente dentro da área do Centro Consumidor, e por ser esta distância muito pequena, resolveu-se não considerá-la. Os custos de operacionalização destes transbordos foram informados pela Cooperativa dos Produtores de Açúcar do Estado de Pernambuco e foram estimados em 6 B.T.N./ton para o mês de setembro de 1989. Incluiu-se neste custo, o custo de armazenagem existente, pois este tipo de transbordo não é automático como o é, o citado anteriormente na cidade de Timbaúba.

Dentre os centros consumidores da região de estudo que participam da inter-modalidade rodo-marítima e ferro-marítima, não estão incluídos os centros C2 e C8. O primeiro, por ser "C2" a cidade de Terezina e estar localizada no interior do Estado. O segundo, Aracaju, por não participar do escoamento do açúcar cristal pela modalidade marítima.

A rede é composta por 512 arcos e 239 nós.

Como resultado da aplicação do modelo obteve-se uma função objetiva de 637.842.600 B.T.N representando o custo total

O ponto de transbordo (rodo-ferroviário) foi utilizado pelas usinas Central N. S. de Lourdes e pela usina Central Olho D'água, localizadas nos municípios de Macaparana e Ferreiros respectivamente. Toda a produção das referidas usinas utilizou a rodovia para sair dos pontos produtores, executou o transbordo em Timbaúba e seguiu para o ponto consumidor (C6) Recife por via ferroviária. Sendo portanto 48.334 toneladas o volume de açúcar cristal que utilizou o ponto de transbordo de Timbaúba, nesta 1ª alternativa.

A produção da usina Cruangi, localizada em Timbaúba, escoada totalmente por via ferroviária também para o centro consumidor (C6) Recife.

Os pontos de transbordo localizados nos centros consumidores apresentaram os seguintes resultados: Do ponto C4 (por via ferroviária) para o ponto C3 por via marítima, a quantia de 105.419 toneladas.

- Do ponto C5 (por via ferroviária) para o ponto C4 por via marítima, a quantia de 27.252 toneladas.

- Do ponto C6 (por via ferroviária) para o ponto C5 por via marítima, a quantia de 185.179 toneladas.

- Do ponto C7 (por via ferroviária e também rodoviária) para o ponto C9 por via marítima, a quantia de 165.357 toneladas.

Em relação à produção de cada usina, resultante da aplicação do modelo, 89% das usinas apresentaram um custo de oportunidade negativo indicando que se houver um aumento na produção dessas determinadas usinas o custo total do sistema diminuirá.

Como 2ª alternativa, adotou-se a mesma rede básica e aumentou-se em 30% o volume de todas as usinas que apresentaram, no resultado da aplicação do modelo, na alternativa 1, custo de oportunidade negativo. Para as usinas que têm produção unitária na rede básica da alternativa 1, os seus volumes de produção não foram acrescidos em 30% mesmo naquelas em que o custo de

oportunidade apresentou valor negativo.

O resultado da aplicação do modelo na 2ª alternativa gerou uma função objetiva com o valor de 622.105.500 B.T.N. ou seja um valor menor que o da alternativa 1. Este resultado indica que o aumento no volume de produção de determinadas usinas, resulta em economia para o sistema como um todo. Todavia, ainda aparecem no resultado da aplicação do modelo na alternativa 2, muitas usinas com o valor do custo de oportunidade negativo, indicando que é viável aumentar-se mais ainda as suas produções. Na prática, o aumento indiscriminado de produção não é possível devido, dentre outros fatores, a necessidade de se fazer uma avaliação prévia do potencial de abastecimento de cana-de-açúcar às usinas produtoras, razão porque só se apresentam nesta alternativa, o acréscimo máximo de 30% nas suas produções. Em relação aos pontos de transbordo, o rodo-ferroviário e os que envolvem a modalidade marítima foram utilizados da mesma forma que na alternativa anterior, com uma diferença de que nesta alternativa, os volumes que executaram transbordo foram superiores em 30% aos da alternativa anterior.

Na alternativa 3 foi considerada a rede básica da alternativa 1 e foram acrescentadas 70.000 toneladas no volume de produção das 5 usinas que apresentaram o menor custo de oportunidade, quando da aplicação do modelo na alternativa 1. As cinco usinas que apresentaram menor valor do custo de oportunidade foram localizadas nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Estas usinas são as que se localizam mais distantes dos Estados que respondem por 82% da produção regional (Pernambuco e Alagoas). Este acréscimo de 70.000 ton é baseado na capacidade atual de produção das usinas.

Com o resultado da aplicação do modelo, observou-se que a função objetiva caiu para 616.872.900 B.T.N. Este resultado

minadas usinas, o custo total do sistema diminuiria, porque elas passariam a abastecer os centros consumidores que estão mais próximos a elas.

A alternativa 4 possui grande relevância para aquilo a que o trabalho se propõe, ou seja, transferir o máximo possível do escoamento do açúcar cristal dentro da região de estudo, para a modalidade ferroviária.

Com esta finalidade, partiu-se para criar vários pontos de transbordo rodo-ferroviário e ferro-rodoviário com o objetivo de inter-ligar, ao máximo, a rede por via ferroviária.

O primeiro ponto de transbordo proposto foi na cidade de Juazeiro na Bahia. O segundo, na cidade de Salgueiro, em Pernambuco, e o terceiro em Missão Velha no Ceará. Todos esses pontos de transbordo objetivam oferecer opção para a inter-modalidade do transporte no escoamento do açúcar cristal na Região Nordeste.

Para operacionalização do modelo com a criação dos referidos pontos de transbordo, foi preciso aumentar-se o número de arcos e nós da rede básica. A nova rede possui 523 arcos e 244 nós, e forneceu como resultado final uma função objetiva de 637.308.600 B.T.N.

Avaliando-se os resultados da aplicação do modelo pode-se concluir que em relação a alternativa 1, o valor da função objetiva diminuiu em 36%.

Esta diminuição no valor da função objetiva significa que houve uma economia para o sistema como um todo. Esta economia está representada pela transferência de 60.662 toneladas de açúcar da modalidade rodoviária para a modalidade ferroviária. A transferência está presente no ponto de transbordo localizado na cidade de Missão Velha no Ceará. A produção do município de Barbalha, que anteriormente se deslocava do ponto de

corrida através de rodovia era de 246 km e através de ferrovia com o ponto de transbordo, passou a ser 571 km. Embora havendo um considerável aumento de quilometragem, esta opção pelo modal ferroviário trouxe economia para o sistema como um todo. A seguir, apresentam-se os resultados dos fluxos otimizados em cada arco.

No próximo Capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

Tabela contendo os volumes de produção otimizados na safra 86/87

Alternativa - 1

(1)	(2)	(3)	(4)
CÓDIGO	MUNICÍPIO	Produção ótima (t)	Grado de Oportunidade (B.T.N)
PC01	Casimiro Neto	54.372	-92
PC02	Terezina	1	-120
PC03	Barbalha	60.662	-54
PC04	Missaes Velha	1	-76
PC05	Ceara Mirim	44.494	-73
PC06	Goianinha	142.195	-73
PC07	Sape	13.378	-60
PC08	Santa Rita	70.195	-70
PC09	Araripe	15.007	-26
PC10	Rio Tinto	22.866	-55
PC11	Alagoa Grande	12.245	-35
PC12	Aliança	31.891	-47
PC13	Cabo	4.121	-62
PC14	Catende	1	-37
PC15	Pitueiras	13.379	-52
PC16	Marajá	19.415	-32
PC17	Escrede	27.299	-57
PC18	Pombos	1	-49
PC19	Água Preta	2	0
PC20	Quipapá	13.124	-36
PC21	Niceândia	67.061	-16
PC22	Capotas	16.573	-62
PC23	Ferreiros	21.605	-42
PC24	Maraparaíba	5.520	-30
PC25	Ferreiros	42.814	-30
PC26	Timbaúba	27.017	-42
PC27	Rio Formoso	14.824	-47
PC28	Ipipueira	29.610	-27
PC29	Mazare da Mata	16.051	-52
PC30	Goiana	15.110	-62
PC31	Montes	10.478	-9
PC32	Farpina	39.082	-57
PC33	Joaquim Nabuco	1	-47
PC34	Caruaru	28.376	-52
PC35	Cimbrões	18.192	-16

Código	Município	Produção ótima (t)	C. de oportu- nidade (B.T.N)
FO36	Paudalho	1	-62
FO37	Palmares	12.281	-42
FO38	São Miguel	136.979	-7
FO39	Canga Alegre	0	0
FO40	Coruripe	0	0
FO41	Joaquim	1	-10
FO42	Rio Largo	82.840	-61
FO43	Colônia Leopoldina	0	0
FO44	Pilar	6.308	-34
FO45	São José de Laje	30.640	-41
FO46	União Palmares	15.475	-46
PO47	Joaquim Gomes	16.039	-9
PO48	N. Geraragibe	0	0
PO49	Porto Real	0	0
PO50	Murici	1	-51
PO51	Massias	9.592	-36
PO52	Flexeiras	1	-9
PO53	S. L. Quintino	25.568	0
PO54	Marechal Deodoro	27.228	-16
PO55	Cajueiro	1	-47
PO56	Capela	8.383	-46
PO57	Estância	14.883	-51
PO58	Maceió	1	-66
PO59	Roca da Mata	2.478	-7
PO60	Capela	57.671	-16
PO61	Laranjeiras	96.485	-59
PO62	Passos	57.216	-60
PO63	Terra Nova	1	-53
PO64	Onélia Rodrigues	51.842	-53

Tabela contendo os volumes de produção otimizados na safra 86/87

Alternativa - 2

(1) CÓDIGO	(2) MUNICÍPIO	(3) Produção ótima (t)	(4) C. oportuni- dade (B.T.N)
P001	Cachoeira	70.665	-67
P002	Terceiro	!	-95
P003	Barbalha	78.561	-27
P004	Missão Velha	!	-51
P005	Caçara "Belo"	57.842	-46
P006	Gracinda	186.153	-46
P007	Serra	17.391	-33
P008	Santa Rita	91.253	-43
P009	Areia	0	0
P010	Rio Tinto	31.026	-28
P011	Alagoa Grande	15.918	-8
P012	Alfama	41.458	-20
P013	Caço	5.364	-35
P014	Calanda	!	-10
P015	Sibéria	17.391	-25
P016	Marajá	25.239	-6
P017	Escada	48.487	-30
P018	Pombos	!	-22
P019	Agua Preta	0	0
P020	Quipapa	17.061	-11
P021	Vicência	0	0
P022	Japitão	21.545	-35
P023	Barreiros	28.086	-15
P024	Macaparana	7.176	-3
P025	Ferreiros	55.658	-3
P026	Ilheus	35.122	-15
P027	Rio Tormentos	19.271	-20
P028	Ipojuca	6.949	0
P029	Nascente da Mata	20.866	-25
P030	Grilândia	19.643	-35
P031	Cortez	0	0
P032	Carpina	50.702	-30
P033	Joaquim Nabuco	!	-20
P034	Igarassu	37.357	-25
P035	Sirinhaem	0	0

Código	Município	Produção ótima (t)	C. de oportu- nidade (B.T.N)
P036	Paudalho	1	-35
P037	Palmares	15.965	-15
P038	São Miguel	0	0
P039	Campo Alegre	0	0
P040	Coruripe	0	0
P041	Junqueiro	0	0
P042	Rio Largo	107.692	-36
P043	Colônia Leopoldina	0	0
P044	Pilar	8.200	-12
P045	São José da Laje	39.832	-16
P046	União Palmares	20.117	-21
P047	Joaquim Gomes	0	0
P048	M. Camaragibe	0	0
P049	Porto Calvo	0	0
P050	Murici	1	-26
P051	Messias	12.470	-14
P052	Flexeiras	0	0
P053	S. L. Quintinda	0	0
P054	Marechal Deodoro	0	0
P055	Cajueiro	1	-22
P056	Capela	10.898	-21
P057	Atalaia	19.361	-26
P058	Nacelô	1	-41
P059	Boca da Mata	0	0
P060	Capela	51.899	0
P061	Laranjeiras	125.430	-34
P062	Juazeiro	74.381	-35
P063	Terra Nova	1	-28
P064	Amélia Rodrigues	67.395	-28

Tabela contendo os volumes de produção otimizados na safra 86/87
Alternativa - 3

(1)	(2)	(3)	(4)
CÓDIGO	MUNICÍPIO	Produção ótima (t)	C. oportuni- dade (B.T.N)
P001	Coelho Neto	124.373	-13
P002	Ierezina	70.001	-53
P003	Barbalha	60.662	-12
P004	Missão Velha	70.001	-30
P005	Ceará Mirim	114.494	-31
P006	Goianinha	213.195	-31
P007	Sapé	13.378	-24
P008	Santa Rita	70.195	-34
P009	Arela	0	0
P010	Rio Tinto	23.866	-19
P011	Alagoa Grande	0	0
P012	Aliança	31.891	-17
P013	Cabo	4.126	-32
P014	Calende	1	-8
P015	Ribeirão	13.378	-22
P016	Marajal	19.415	-13
P017	Escada	37.298	-27
P018	Pombos	1	-19
P019	Água Preta	0	0
P020	Quipapé	13.124	-18
P021	Vicência	0	0
P022	Jaboatão	16.573	-32
P023	Barreiros	21.605	12
P024	Mataparana	0	0
P025	Ferreiros	0	0
P026	Timbaóba	27.017	-12
P027	Rio Formoso	14.824	-17
P028	Ipojuca	0	0
P029	Nazaré da Mata	16.051	-22
P030	Goiana	15.110	-26
P031	Cortês	0	0
P032	Carpina	39.002	-27
P033	Josquim Nabuco	1	-17
P034	Itarasso	28.376	22
P035	Sirinhaém	0	0

Código	Município	Produção ótima (t)	C. de oportu- nidade (P.T.N)
P036	Paudalho	1	-32
P037	Palmares	12.281	-12
P038	São Miguel	0	0
P039	Campo Alegre	0	0
P040	Coruripe	0	0
P041	Junqueiro	0	0
P042	Rio Largo	82.840	-43
P043	Colônia Leopoldina	0	0
P044	Pilar	6.308	-19
P045	São José de Laje	30.640	-23
P046	União Palmares	15.475	-26
P047	Joaquim Gomes	0	0
P048	H. Camaragiba	0	0
P049	Porto Calvo	0	0
P050	Murici	1	-33
P051	Messias	9.592	-21
P052	Flexeiras	0	0
P053	S. L. Quintindé	0	0
P054	Marachá Dendora	27.228	-1
P055	Cajueiro	1	-29
P056	Capela	8.383	-28
P057	Atalaia	14.893	-33
P058	Maciel	1	-48
P059	Boca da Mata	0	0
P060	Capela	51.899	0
P061	Laranjeiras	96.485	-41
P062	Juazeiro	57.816	-42
P063	Terra Nova	1	-35
P064	Arélia Rodrigues	51.842	-35

Tabela contendo os volumes de produção otimizados na safra 86/87
Alternativa - 4

(1) CÓDIGO	(2) MUNICÍPIO	(3) Produção ótima (t)	(4) C. oportuni- dade (B.T.N)
P001	Coelho Neto	54.373	-88
P002	Perezina	1	-116
P003	Barbalha	60.662	-60
P004	Missal Velha	1	-72
P005	Ceará Mirim	49.494	-73
P006	Goianinha	143.195	-73
P007	Sape	13.378	-60
P008	Santa Rita	70.195	-70
P009	Arara	15.007	-26
P010	Rio Tinto	33.866	-55
P011	Alagoinha Grande	12.245	-35
P012	Aliança	31.831	-47
P013	Cabo	4.126	-62
P014	Catende	1	-37
P015	Piabetão	13.378	-52
P016	Marajó	19.415	-32
P017	Espeada	37.298	-57
P018	Forquês	1	-49
P019	Água Preta	0	0
P020	Quipapá	13.124	-36
P021	Wanderlândia	67.061	-16
P022	Capotaó	16.573	-62
P023	Barreiros	21.605	-42
P024	Macaparana	5.520	-30
P025	Terreiros	42.814	-30
P026	Timbauá	27.017	-42
P027	Rio Formoso	14.824	-47
P028	Tracunhaém	28.610	-27
P029	Madre da Mata	16.051	-52
P030	Goiana	15.110	-62
P031	Cortez	10.479	-9
P032	Carapina	39.082	-57
P033	Joaquim Nabuco	1	-47
P034	Caruaru	28.376	-52
P035	Siririaren	18.182	-16

Código	Município	Produção ótima (t)	C. de oportu- nidade (B.T.N)
P036	Paudalho	1	-62
P037	Palmares	12.281	-42
P038	São Miguel	136.979	-7
P039	Campo Alegre	0	0
P040	Coruripe	0	0
P041	Junqueiro	1	-10
P042	Rio Largo	82.840	-61
P043	Colônia Leopoldina	0	0
P044	Pilar	6.308	-34
P045	São José da Laje	30.640	-41
P046	União Palmares	15.475	-46
P047	Joaquim Gomes	16.039	-9
P048	H. Camaragibe	0	0
P049	Porto Calvo	0	0
P050	Murici	1	-51
P051	Messias	9.592	-36
P052	Flexeiras	1	-9
P053	S. L. Quintindé	25.562	0
P054	Marechal Deodoro	27.228	-16
P055	Cajueiro	1	-47
P056	Capela	8.383	-46
P057	Atalaia	14.893	-51
P058	Itaceio	1	-66
P059	Boca da Mata	2.478	-7
P060	Capela	57.671	-16
P061	Laranjeiras	96.495	-59
P062	Juazeiro	57.216	-60
P063	Terra Nova	1	-53
P064	Amélia Rodrigues	51.842	-53

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho apresentado fornece algumas alternativas visando à otimização do transporte do açúcar cristal dentro da região Nordeste.

O modelo utilizado pode ser aplicado a outras "áreas de estudo" de dimensões maiores ou mesmo menores à analisada neste trabalho.

Considerando a simplicidade dos dados necessários à utilização do modelo, a facilidade de sua implementação e a precisão dos resultados obtidos, pode-se afirmar que, no tocante ao planejamento da produção das usinas e ao escoamento desta produção, este modelo é um instrumento que pode ser útil tanto para órgãos que coordenam a produção das usinas, como para órgãos responsáveis pela distribuição da produção aos centros consumidores.

Em relação ao 1º aspecto abordado, ou seja, a coordenação da produtividade das usinas, observa-se que com a aplicação do modelo, à alternativa básica, os resultados dos fluxos otimizados, nos arcos que representam as características dos centros produtores, os custos de oportunidade apresentaram valores muito pequenos em determinadas usinas, indicando que se houvesse um aumento na produção dessas usinas o valor da função objetiva diminuiria, havendo portanto redução do custo total do sistema. Baseando-se nesta observação partiu-se para as alternativas 2 e 3, as quais propõem um acréscimo de produção. Com a proposta da alternativa 3, qual seja a criação de uma produção fictícia nas usinas que se localizam...

tros produtores atuais, houve uma redução considerável na função objetiva, isto demonstrando que para economia do sistema como um todo, é viável um apoio no sentido de que essas usinas tenham condições de aumentar sua produção. Sendo óbvio que a matéria-prima é um dos fatores que irá determinar a capacidade de produção de cada centro produtor. Não avaliou-se neste trabalho qual a quantidade mínima de produção que amortizaria os custos de investimentos, em melhoramento na estrutura da usina, ou mesmo no incremento da matéria-prima, a fim de que sua capacidade de produção fosse aumentada. Ficando aqui a proposta para trabalhos futuros.

Em relação ao 2º aspecto abordado, o escoamento do açúcar cristal dentro da região de estudo, nas alternativas analisadas observou-se a distribuição percentual para cada modalidade de transporte: Alternativa 1 - rodoviária = 20%; ferroviária = 30%; marítima = 50%; Alternativa - 2 : rodoviária = 16% ; ferroviária = 44%; marítima = 40%; Alternativa - 3 : rodoviária = 14%; ferroviária = 55%; marítima = 31%; e finalmente a Alternativa - 4: rodoviária = 20%; ferroviária = 33% e marítima = 47%. Estes resultados encontrados após 4 aplicações do modelo, são bem distintos da realidade atual onde a participação percentual por modalidade de transporte, é a seguinte: rodoviária = 85%; ferroviária = 3% e marítima = 12%.

Referindo-se as alternativas 1, 2 e 3 pode-se concluir que, a medida que a produção das usinas que apresentaram custo de oportunidade muito pequeno, foi aumentada, a participação rodoviária decresceu. O modelo identificou quais as usinas que deveriam produzir em maior quantidade, ou as que não deveriam produzir nada, a fim de que o escoamento se tornasse mais econômico, ou seja, identificando-se quais as usinas que têm ligação ferroviária (por ser o escoamento via ferroviária mais econômico) e impondo, dentro da possibilidade de produção de cada uma,

que essas usinas produzissem em maior escala.

Comparando-se as alternativas 1 e 4, pois em termos de produção estas alternativas são idênticas, pode-se observar que houve um crescimento na participação ferroviária devido a criação de um ponto de transbordo no sul do estado do Ceará.

Na alternativa 4, propôs-se mais 2 pontos de transbordo. Estes pontos de transbordo não foram utilizados porque testando-se suas utilizações, não se identificou diminuição no custo total do sistema.

Analisando-se a atual rede ferroviária da região de estudo e a alternativa nº 4, pode-se concluir que a solução para transferir ao máximo o escoamento de produtos regionais para a modalidade ferroviária não é simplesmente através da criação de pontos de transbordo em pontos estratégicos da região. O problema está em se propor a inter-ligação da ferrovia trans-nordestina.

Sugere-se para trabalhos futuros a aplicação do modelo adotado neste trabalho ao escoamento de diversos produtos que têm peso econômico para a região e a construção do "Arco Ferroviário". Identificando-se qual o custo de implantação e qual a quantidade de carga em um determinado período que conseguiria amortizar o custo de investimento na construção do referido arco.

Outro fator que merece destaque neste trabalho é a significativa participação do transporte marítimo apontado pelas 4 alternativas analisadas.

Finalmente, cabe ressaltar que, embora o modelo tenha sido desenvolvido para ser aplicado ao transporte do açúcar cristal, ele pode ser utilizado para o planejamento da produção e escoamento de qualquer produto, fazendo-se adaptações quando necessário.

A N E X O S

A N E X O I

ANEXO I

Neste anexo apresentam-se as tabelas relacionadas na "TA
BELA DE CONTEÚDOS" - LISTA DE TABELAS, excetuando-se as tabe -
las nº 1, nº 2, nº 3 e nº 4.

Produção de açúcar no Brasil durante o período de 1560 a 1822.

Anos	Produção (arrobas)
1560/1570	100.000
1580	350.000
1582	350.000
1600	2.450.000
1600	2.800.000
1600	2.000.000
1600	1.200.000
1610	735.000
1610	4.000.000
1617	1.000.000
1620	900.000
1630	1.300.000
1630	1.300.000
1640	1.800.000
1645	1.000.000
1645	1.200.000
1650	4.200.000
1650	2.100.000
1670	4.000.000
1670	2.000.000
1700	1.750.000
1710	1.300.000
1710	1.600.000
1760	2.500.000
1770	1.770.000
1776	1.500.000
1796	1.540.000
1806	1.500.000
1809	660.000
1812	460.000
1820	4.700.000
1822	4.790.000

Fonte: Brasil/Açúcar

TABELA (1-2)

Quadro comparativo da produção de açúcar de cana e açúcar de beterraba

Unidades: Percentual

Ano	1800	1830	1840	1850	1860	1870	1880
Açúcar CANA	100	100	92	84	80	65	52
Açúcar BETERRABA	0	0	8	16	20	35	48

Fonte: Brasil/Açúcar

TABELA (1-3)

Volume de açúcar importado pelo Brasil no período de 1910 a 1920.

Unidade: Tonelada

Ano	Volume
1910	114
1911	106
1912	104
1913	153
1914	90
1915	42
1916	52
1917	19
1918	33
1919	105
1920	6

Fonte: BRASIL/Açúcar

TABELA (U-1)

Produção total de açúcar dentro da Região Nordeste nas safras 84/85, 85/86, 86/87 para os estados de Pe e Al.

(Unidade: saca de 50 Kg)

Safra	Pernambuco	Alagoas
84/85	34.007.128	26.486.766
85/86	28.427.482	24.376.740
86/87	28.444.465	26.340.521

Fonte: IAA-Pernambuco

IAA-Alagoas

TABELA (U-2)

Relação das usinas cooperadas e não-cooperadas da Região Nordeste

Código	Usina	Município	Estado
NC00P1	Itajubara	Coelho Neto	Maranhão
NC00P2	Santana	Terezina	Piauí
CPE0P3	Manoel C. Filho	Barbalha	Ceará
NC00P4	Cariri Paracuru	Barbalha	Ceará
NC00P5	Cariri Rendeção	Missão Velha	Ceará
CPE0P6	São Francisco	Ceará Mirim	Rio Grande do Norte
NC00P7	Estivas	Goianinha	Rio Grande do Norte
CPE0P8	Santa Helena	Sapé	Paraíba
NC00P9	Santana	Santa Rita	Paraíba
NC00P10	São João	Santa Rita	Paraíba
NC00P11	Santa Rita	Santa Rita	Paraíba
NC00P12	Santa Maria	Areia	Paraíba
NC00P13	Monte Alegre	Rio Tinto	Paraíba
NC00P14	Tanques	Alagoa Grande	Paraíba
CPE015	Aliança	Aliança	Pernambuco
CPE016	Bom Jesus	Cabo	Pernambuco
CPE017	Catende	Catende	Pernambuco
CPE018	Caxangá	Ribeirão	Pernambuco
CPE019	Estreliana	Ribeirão	Pernambuco
CPE020	Frei Caneca	Maraiá	Pernambuco
CPE021	Mussuassu	Escada	Pernambuco
NC00P22	Barão Suassuna	Escada	Pernambuco
NC00P23	União e Indústria	Escada	Pernambuco
CPE024	Hossa S. do Carmo	Pombos	Pernambuco
CPE025	Santa Terezinha	Água Preta	Pernambuco
NC00P26	Água Branca	Quipapá	Pernambuco
NC00P27	Barra	Vicência	Pernambuco
NC00P28	Laranjeiras	Vicência	Pernambuco
NC00P29	Bulhões	Jaboatão	Pernambuco
NC00P30	Jaboatão	Jaboatão	Pernambuco
NC00P31	Central Barreiros	Barreiros	Pernambuco
NC00P32	Santo André	Barreiros	Pernambuco
NC00P33	Central N. S. de Lourdes	Macaparana	Pernambuco
NC00P34	Central D'água	Ferreiros	Pernambuco
NC00P35	Guangi	Timbaúba	Pernambuco

TABELA (U-2)

Relação das usinas cooperadas e não-cooperadas da Região Nordeste

Código	Usina	Município	Estado
NCOP36	Cucaú	Rio Formoso	Pernambuco
NCOP37	Salgado	Ipojuca	Pernambuco
NCOP38	Ipojuca	Ipojuca	Pernambuco
NCOP39	Matary	Nazaré da Mata	Pernambuco
NCOP40	H. S. Maravilhas	Goiânia	Pernambuco
NCOP41	Santa Iereza	Goiânia	Pernambuco
NCOP42	Pedroza	Cortês	Pernambuco
NCOP43	Petribu	Carpina	Pernambuco
NCOP44	Pumaty	Joaquim Nabuco	Pernambuco
NCOP45	São José	Igarassu	Pernambuco
NCOP46	Trapiche	Sirinhaem	Pernambuco
CPE047	Massurupe	Paudalho	Pernambuco
CPE048	Serra Azul	Palmares	Pernambuco
NCOP49	Ireze de Maio	Palmares	Pernambuco
NCOP50	Caeté	São Miguel	Alagoas
NCOP51	Roçadinho	São Miguel	Alagoas
CAL052	C. do Suribim	São Miguel	Alagoas
CAL053	Porto Rico	Campo Alegre	Alagoas
NCOP54	Guaxuma	Coruripe	Alagoas
NCOP55	Coruripe	Coruripe	Alagoas
CAL056	Seresta	Junqueiro	Alagoas
NCOP57	C. Leão Utinga	Rio Largo	Alagoas
CAL058	Santa Clotilde	Rio Largo	Alagoas
CAL059	Iaquara	Col. Leopoldina	Alagoas
CAL060	Terra Nova	Pilar	Alagoas
NCOP61	Serra Grande	São José Laje	Alagoas
NCOP62	Laginha	União Palmares	Alagoas
CAL063	Alegria	Joaquim Gomes	Alagoas
NCOP64	Camaragibe	Matriz Camaragibe	Alagoas
NCOP65	Santana	Porto Calvo	Alagoas
CAL066	São Simeão	Murici	Alagoas
CAL067	Bititinga	Messias	Alagoas
CAL068	Conceição Peixe	Flexeiras	Alagoas
NCOP69	Santo Antônio	S. L. Quitindé	Alagoas
CAL070	Sumaúma	Mar. Deodoro	Alagoas

TABELA (U-2)

Relação das usinas cooperadas e não-cooperadas da Região Nordeste

Código	Usina	Município	Estado
CAL071	Capricho	Cajueiro	Alagoas
CAL072	João de Deus	Capela	Alagoas
NCOP73	Uruba	Atalaia	Alagoas
NCOP74	Ouricuri	Atalaia	Alagoas
NCOP75	Cachoeira Merium	Maceió	Alagoas
CAL076	Iriunfo	Boca da Mata	Alagoas
NCOP77	Santa Clara	Capela	Sergipe
NCOP78	Vassouras	Capela	Sergipe
NCOP79	S. J. Pinheiro	Laranjeiras	Sergipe
NCOP80	Mandacaru	Juazeiro	Bahia
NCOP81	Paranaguá	Terra Nova	Bahia
NCOP82	Aliança	Amélia Rodrigues	Bahia
NCOP83	Itapetingui	Amélia Rodrigues	Bahia
NCOP84	Cinco Rios	Amélia Rodrigues	Bahia

TABELA (V-3)

Área cultivada com cana-de-açúcar por Estado (hectare), considerando os Estados da Região Norte que fazem parte da jurisdição do IAA - Pernambuco, e excluídos os Estados que fazem parte da jurisdição do IAA - Alagoas.

Estado	84/85	%	85/86	%	86/87	%
PE	472.000	12.21	509.900	12.34	542.490	12.54
PB	136.000	3.52	150.700	3.62	162.340	3.75
RN	53.500	1.38	60.300	1.45	65.970	1.52
CE	18.300	0.47	21.000	0.50	26.390	0.62
PI	5.500	0.14	6.900	0.17	8.000	0.18
MA	12.800	0.33	15.000	0.36	19.590	0.45
PA	6.000	0.15	3.100	0.08	4.520	0.10
AM	1.800	0.05	900	0.02	800	0.02
RR	1.850	0.05	1.900	0.05	2.000	0.05
Região	707.750	---	773.599	---	832.100	---
Brasil	3.067.200	10.30	4.165.300	10.59	4.327.720	10.23

Fonte: Relatório da Safra 86/87

I.A.A - Superintendência do Estado de Pernambuco

TABELA (U-4)

Volume de açúcar exportado para outros países na safra 87/88 do Estado de Alagoas

Unidade: tonelada.

DEMERARA		REFINADO	
URSS	- 386.146	Paquistão	- 25.200
Rep. Popular da China	- 85.400	Indonésia	- 12.600
Marrocos	- 109.000	Srilanka	- 12.600
Bulgária	- 25.000	Nigéria	- 12.000
Malásia	- 17.800	Jamaica	- 12.000
Portugal	- 16.300	Cabo Verde	- 1.662
Suécia	- 12.000		
Finlândia	- 12.000		
Tunísia	- 11.400		
Venezuela	- 7.728		
TOTAL	- 682.782	TOTAL	- 76.062

Fonte: IAA - Alagoas

TABELA (U-5)

Volume de açúcar exportado para outros países na safra 84/85 do Estado de Pernambuco

Unidade: tonelada.

DEMERARA		REFINADO	
França	- 19.000	Iraque	- 140.750
U.S.A.	- 57.745	Nigéria	- 204.839
Marrocos	- 132.000	Irã	- 53.000
Argélia	- 109.200	Ghama	- 10.000
Nova Zelândia	- 19.000	Argélia	- 102.299
Rússia	- 107.437	Egito	- 15.076
Tunísia	- 44.000	Índia	- 122.514
Portugal	- 37.700	Síria	- 12.000
Argélia	- 109.200	Bangla-Desh	- 1.240
TOTAL	- 635.282	TOTAL	- 662.510

Fonte: IAA - Pernambuco

TABELA (U-6)

Principais produtos transportados pela REFSA durante o ano de 1986.

DISCRIMINAÇÃO	CARREGAMENTO (10 ³ ton)	MOVIMENTAÇÃO (10 ³ ton.km)
Açúcar Cristal	76,56	85.695,84
Açúcar Demerara	233,66	24.473,96
Arroz Beneficiado	21,74	13.293,44
Farinha de Trigo	21,92	16.886,36
Milho Seco Debulhado	77,87	28.865,68
Trigo a Granel	143,65	67.662,25
Álcool em Geral(V. tanque)	189,53	87.818,49
Álcool Motor(Vagão tanque)	74,74	76.968,72
Gasolina(Vagão tanque)	64,63	44.257,89
Óleo Comb. refinado	273,57	189.218,88
Asfalto Bruto	31,13	26.285,15
Gesso	37,48	23.921,86
Cimento Acondicionado	149,48	84.623,66
Tijolo Comum Perfurado	19,85	15.392,39
Sal Refinado	62,84	49.198,49
Outros	244,77	163.122,18
TOTAL	1.641,82	989.472,88

Fonte: REFSA - Superintendência Regional de Recife

- Gerência de Produção

ANEXO II



Sindicato das Empresas de Transporte,
de Cargas no Estado de Pernambuco.

SETCEPE - SINDICATO DAS EMPRESAS DE TRANSP. DE CARGAS NO ESTADO DE PE

Tabela No. 007/89 em vigor a partir de 01/09/89

USINAS	KM	Z	SACO 50kg		TONELADA		AD.VR
			ACUCAR ANTERIOR NCz\$	ENSACADO ATUAL NCz\$	ACUCAR ANTERIOR NCz\$	GRANEL ATUAL NCz\$	
CIDADE	10	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
AMORIM PRIMO	10	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
RAH	16	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
OLHO D'AGUA (1)	16	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
N.S.DE LOURDES(1)	20	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
BULHOES	22	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
JABOATAO	23	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
BARRA (01)	25	29.34	.74	.96	15.09	19.52	0.3
STA.TEREZINHA(01)	28	29.34	1.00	1.29	20.13	26.03	0.3
TIUMA	31	29.34	1.00	1.29	20.13	26.03	0.3
BOM JESUS	34	29.34	1.00	1.29	20.13	26.03	0.3
LARANJEIRAS(01)	36	29.34	1.00	1.29	20.13	26.03	0.3
MUSSUREPE	41	29.34	1.00	1.29	20.13	26.03	0.3
SAO JOSE	51	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
SALGADO	52	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
IPOJUCA	54	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
PETRIBU	61	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
B.SUASSUNA	64	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
STA. IREZA	65	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
MASSAUASSU	66	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
N.S.MARAVILHAS	70	29.34	1.29	1.66	25.77	33.33	0.3
IRAPICHE	70	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
N.S.DO CARMO	79	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
UNIAO E INDUSTRIA	79	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
BARRA	80	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
MAIARY	85	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
ESTRELIANA	88	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
CAXANGA	90	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
LARANJEIRAS	90	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
ALIANCA	92	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
CRUANGY	96	29.34	1.51	1.95	30.17	39.02	0.3
PEDROSA	101	29.34	1.70	2.20	33.92	43.87	0.3
CUCAU	110	29.34	1.70	2.20	33.92	43.87	0.3
C.BARREIROS	110	29.34	1.70	2.20	33.92	43.87	0.3
PUNATY	119	29.34	1.70	2.20	33.92	43.87	0.3
OLHO D'AGUA	121	29.34	1.70	2.20	33.92	43.87	0.3
TREZE DE MAIO	125	29.34	1.70	2.20	33.92	43.87	0.3
N.S.DE LOURDES	130	29.34	1.88	2.43	37.69	48.75	0.3
SANTO ANDRE	133	29.34	1.88	2.43	37.69	48.75	0.3
CATENDE	139	29.34	1.88	2.43	37.69	48.75	0.3
SERRO AZUL	143	29.34	1.88	2.43	37.69	48.75	0.3
STA.TEREZINHA	147	29.34	1.88	2.43	37.69	48.75	0.3
FREI CANECA	156	29.34	2.07	2.68	41.42	53.58	0.3
AGUA BRANCA	172	29.34	2.07	2.68	41.42	53.58	0.3

ACRESCIMO POR IMOBILIZACAO DE VEICULO

A TARIFA JA CONSIDERA A IMOBILIZACAO NORMAL DO VEICULO, DENTRO DOS SE-
 GUINTE PARAMETROS:

- a) TEMPO DE ESPERA PARA INICIO E FINALIZACAO DA OPERACAO: 20 MINUTOS.
 b) DESCARGA: 30 Kg POR MINUTOS.

QUANDO FOR UTILIZADO MAIS DE UM AJUDANTE NA OPERACAO, O PESO POR MINU-
 TO E MONIADO PROPORCIONALMENTE.

DESSA FORMA, QUANDO A IMOBILIZACAO DO VEICULO SUPERAR OSS PRAZOS NOR-
 MAIS ACIMA INDICADO, A TARIFA SERA ACRESCIDA DE TAXA DE IMOBILIZACAO
 COBRADA DE ACORDO COM A SEGUINTE TABELA:

ACRESCIMOS E DECRESCIMOS
a) IMOBILIZACAO DE VEICULO POR HORA PARADA

VEICULO	CAPAC. CARGA (TON)	HORA PARADA		HORA OPERADA		X
		ANTERIOR	ATUAL	ANTERIOR	ATUAL	
FURGAO DIESEL	1.00	29.72	38.44	15.45	19.98	29.34
VEICULO LEVE ATE	3.50	39.83	51.52	57.18	73.95	29.34
VEICULO MEDIO (TOCO)	6.00	45.22	58.48	83.01	107.36	29.34
VEICULO MEDIO (TRUCK)	12.00	50.02	64.70	77.98	100.86	29.34
CARRETA	20.00	74.95	96.95	.00	.00	29.34
CARRETA	25.00	86.83	112.31	.00	.00	29.34
AJUDANTES		.00	.00	9.45	12.22	29.34

Sind. das Emp. de Transp. de Cargas no Estado de PE

REDE FERROVIARIA FEDERAL S/A
SUPERINTENDENCIA COMERCIAL
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS COMERCIAIS

REL. TAR03R

DUIS-1 NAO INCLUIDO O ICMS
PARA PAGAMENTO A VISTA
EM VIGOR A PARTIR DE 15/08/89

3 - MERCADORIAS EM VAGAO LOTADO
BASES DAS TARIFAS (POR T - KM)

FAIXAS QUILOMETRICAS	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
ATE 400 KM	0,0620*	0,0568*	0,0519*	0,0467*	0,0672
DE 401 KM A 800 KM	0,0558*	0,0511*	0,0467*	0,0418*	0,0603
DE 801 KM A 1600 KM	0,0434*	0,0398*	0,0362*	0,0325*	0,0468
DE 1601 KM EM DIANTE	0,0311*	0,0284*	0,0257*	0,0233*	0,0334
MAIS	5,69*	5,22*	4,74*	4,29*	6,17

ML-58		TARIFAS					PREÇOS EM NCZS/TOM				
QUILOMETROS		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5					
1	A 50	8,79	8,06	7,34	6,63	9,53					
51	A 75	10,34	9,48	8,63	7,79	11,21					
76	A 100	11,89	10,90	9,93	8,96	12,89					
101	A 125	13,44	12,32	11,23	10,13	14,57					
126	A 150	14,99	13,74	12,53	11,30	16,25					
151	A 175	16,54	15,16	13,82	12,46	17,93					
176	A 200	18,09	16,58	15,12	13,63	19,61					
201	A 225	19,64	18,00	16,42	14,80	21,29					
226	A 250	21,19	19,42	17,72	15,97	22,97					
251	A 275	22,74	20,84	19,01	17,13	24,65					
276	A 300	24,29	22,26	20,31	18,30	26,33					
301	A 325	25,84	23,68	21,61	19,47	28,01					
326	A 350	27,39	25,10	22,91	20,64	29,69					
351	A 375	28,94	26,52	24,20	21,80	31,37					
376	A 400	30,49	27,94	25,50	22,97	33,05					
401	A 425	31,89	29,22	26,67	24,02	34,56					
426	A 450	33,28	30,50	27,84	25,06	36,07					
451	A 475	34,68	31,77	29,00	26,11	37,57					
476	A 500	36,07	33,05	30,17	27,15	39,08					
501	A 525	37,47	34,33	31,34	28,20	40,59					
526	A 550	38,86	35,61	32,51	29,24	42,10					
551	A 575	40,26	36,88	33,67	30,29	43,60					
576	A 600	41,65	38,16	34,84	31,33	45,11					
601	A 625	43,05	39,44	36,01	32,38	46,62					
626	A 650	44,44	40,72	37,18	33,42	48,13					
651	A 675	45,84	41,99	38,34	34,47	49,63					
676	A 700	47,23	43,27	39,51	35,51	51,14					
701	A 725	48,63	44,55	40,68	36,56	52,65					
726	A 750	50,02	45,83	41,85	37,60	54,16					
751	A 775	51,42	47,10	43,01	38,65	55,66					
776	A 800	52,81	48,38	44,18	39,69	57,17					
801	A 825	53,90	49,38	45,09	40,50	58,34					

REDE FERROVIARIA FEDERAL S/A
SUPERINTENDENCIA COMERCIAL
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS COMERCIAIS

REL. TARIFAS

OBS.: NAO INCLUIDO O ICMS
PARA PAGAMENTO A VISTA
EM VIGOR A PARTIR DE 15/08/89

ML-5R		TARIFAS					PREÇOS EM NCZS/TOM				
QUILOMETROS		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5					
826	A 850	54,98	50,37	45,99	41,32	59,51					
851	A 875	56,07	51,37	46,90	42,13	60,68					
876	A 900	57,15	52,36	47,80	42,94	61,85					
901	A 925	58,24	53,36	48,71	43,75	63,02					
926	A 950	59,32	54,35	49,61	44,57	64,19					
951	A 975	60,41	55,35	50,52	45,38	65,36					
976	A 1000	61,49	56,34	51,42	46,19	66,53					
1001	A 1025	62,58	57,34	52,33	47,00	67,70					
1026	A 1050	63,66	58,33	53,23	47,82	68,87					
1051	A 1075	64,75	59,33	54,14	48,63	70,04					
1076	A 1100	65,83	60,32	55,04	49,44	71,21					
1101	A 1125	66,92	61,32	55,95	50,25	72,38					
1126	A 1150	68,00	62,31	56,85	51,07	73,55					
1151	A 1175	69,09	63,31	57,76	51,88	74,72					
1176	A 1200	70,17	64,30	58,66	52,69	75,89					
1201	A 1225	71,26	65,30	59,57	53,50	77,06					
1226	A 1250	72,34	66,29	60,47	54,32	78,23					
1251	A 1275	73,43	67,29	61,38	55,13	79,40					
1276	A 1300	74,51	68,28	62,28	55,94	80,57					
1301	A 1325	75,60	69,28	63,19	56,75	81,74					
1326	A 1350	76,68	70,27	64,09	57,57	82,91					
1351	A 1375	77,77	71,27	65,00	58,38	84,08					
1376	A 1400	78,85	72,26	65,90	59,19	85,25					
1401	A 1425	79,94	73,26	66,81	60,00	86,42					
1426	A 1450	81,02	74,25	67,71	60,82	87,59					
1451	A 1475	82,11	75,25	68,62	61,63	88,76					
1476	A 1500	83,19	76,24	69,52	62,44	89,93					
1501	A 1525	84,28	77,24	70,43	63,25	91,10					
1526	A 1550	85,36	78,23	71,33	64,07	92,27					
1551	A 1575	86,45	79,23	72,24	64,88	93,44					
1576	A 1600	87,53	80,22	73,14	65,69	94,61					
1601	A 1625	88,61	81,23	74,05	66,50	95,78					
1626	A 1650	89,69	82,23	74,95	67,31	96,95					
1651	A 1675	90,78	83,23	75,86	68,12	98,12					
1676	A 1700	91,86	84,23	76,76	68,93	99,29					
1701	A 1725	92,95	85,23	77,67	69,74	100,46					
1726	A 1750	94,03	86,23	78,57	70,55	101,63					
1751	A 1775	95,12	87,23	79,48	71,36	102,80					
1776	A 1800	96,20	88,23	80,38	72,17	103,97					
1801	A 1825	97,29	89,23	81,29	72,98	105,14					
1826	A 1850	98,37	90,23	82,19	73,79	106,31					
1851	A 1875	99,46	91,23	83,10	74,60	107,48					
1876	A 1900	100,54	92,23	84,00	75,41	108,65					
1901	A 1925	101,63	93,23	84,91	76,22	109,82					
1926	A 1950	102,71	94,23	85,81	77,03	110,99					
1951	A 1975	103,80	95,23	86,72	77,84	112,16					
1976	A 2000	104,88	96,23	87,62	78,65	113,33					

REDE FERROVIARIA FEDERAL S/A
SUPERINTENDENCIA COMERCIAL
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS COMERCIAIS

REL. TAR03H

GBS.: NAO INCLUIDO O ICMS
PARA PAGAMENTO A VISTA
EM VIGOR A PARTIR DE 15/08/89

ML-58		TARIFAS					PREÇOS EM NCIS/TOM				
QUILOMETROS		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5					
2001	A 2025	100,75	92,29	84,06	75,59	108,81					
2026	A 2050	101,53	93,00	84,71	76,18	109,64					
2051	A 2075	102,30	93,71	85,35	76,76	110,46					
2076	A 2100	103,08	94,42	85,99	77,34	111,31					
2101	A 2125	103,86	95,13	86,63	77,92	112,15					
2126	A 2150	104,64	95,84	87,28	78,51	112,98					
2151	A 2175	105,41	96,55	87,92	79,09	113,82					
2176	A 2200	106,19	97,26	88,56	79,67	114,65					
2201	A 2225	106,97	97,97	89,20	80,25	115,49					
2226	A 2250	107,75	98,68	89,85	80,84	116,32					
2251	A 2275	108,52	99,39	90,49	81,42	117,16					
2276	A 2300	109,30	100,10	91,13	82,00	117,99					
2301	A 2325	110,08	100,81	91,77	82,58	118,83					
2326	A 2350	110,86	101,52	92,42	83,17	119,66					
2351	A 2375	111,63	102,23	93,06	83,75	120,50					
2376	A 2400	112,41	102,94	93,70	84,33	121,33					
2401	A 2425	113,19	103,65	94,34	84,91	122,17					
2426	A 2450	113,97	104,36	94,99	85,50	123,00					
2451	A 2475	114,74	105,07	95,63	86,08	123,84					
2476	A 2500	115,52	105,78	96,27	86,66	124,67					
2501	A 2525	116,30	106,49	96,91	87,24	125,51					
2526	A 2550	117,08	107,20	97,56	87,83	126,34					
2551	A 2575	117,85	107,91	98,20	88,41	127,18					
2576	A 2600	118,63	108,62	98,84	88,99	128,01					
2601	A 2625	119,41	109,33	99,48	89,57	128,85					
2626	A 2650	120,19	110,04	100,13	90,16	129,68					
2651	A 2675	120,96	110,75	100,77	90,74	130,52					
2676	A 2700	121,74	111,46	101,41	91,32	131,35					
2701	A 2725	122,52	112,17	102,05	91,90	132,19					
2726	A 2750	123,30	112,88	102,70	92,49	133,02					
2751	A 2775	124,07	113,59	103,34	93,07	133,86					
2776	A 2800	124,85	114,30	103,98	93,65	134,69					
2801	A 2825	125,63	115,01	104,62	94,23	135,53					
2826	A 2850	126,41	115,72	105,27	94,82	136,36					
2851	A 2875	127,18	116,43	105,91	95,40	137,20					
2876	A 2900	127,96	117,14	106,55	95,98	138,03					
2901	A 2925	128,74	117,85	107,19	96,56	138,87					
2926	A 2950	129,52	118,56	107,84	97,15	139,70					
2951	A 2975	130,29	119,27	108,48	97,73	140,54					
2976	A 3000	131,07	119,98	109,12	98,31	141,37					
3001	A 3025	131,85	120,69	109,76	98,89	142,21					
3026	A 3050	132,63	121,40	110,41	99,48	143,04					
3051	A 3075	133,40	122,11	111,05	100,06	143,88					
3076	A 3100	134,18	122,82	111,69	100,64	144,71					
3101	A 3125	134,96	123,53	112,33	101,22	145,55					
3126	A 3150	135,74	124,24	112,98	101,81	146,38					
3151	A 3175	136,51	124,95	113,62	102,39	147,22					

FERROVIARIA FEDERAL S/A
 ATENDENCIA COMERCIAL
 DEPARTAMENTO DE ESTUDOS COMERCIAIS

REL. TAR03R

OBS.: NAO INCLUIDO O ICMS
 PARA PAGAMENTO A VISTA
 EM VIGOR A PARTIR DE 15/08/89

		TARIFAS					PREÇOS EM REZ\$/TON				
KILOMETROS		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5					
3176	A 3200	137,29	125,66	114,26	102,97	148,05					
3201	A 3225	139,07	126,37	114,90	103,55	148,89					
3226	A 3250	138,85	127,08	115,55	104,14	149,72					
3251	A 3275	139,62	127,79	116,19	104,72	150,56					
3276	A 3300	140,40	128,50	116,83	105,30	151,39					
3301	A 3325	141,18	129,21	117,47	105,88	152,23					
3326	A 3350	141,96	129,92	118,12	106,47	153,06					
3351	A 3375	142,73	130,63	118,76	107,05	153,90					
3376	A 3400	143,51	131,34	119,40	107,63	154,73					
3401	A 3425	144,29	132,05	120,04	108,21	155,57					
3426	A 3450	145,07	132,76	120,69	108,80	156,40					
3451	A 3475	145,84	133,47	121,33	109,38	157,24					
3476	A 3500	146,62	134,18	121,97	109,96	158,07					
3501	A 3525	147,40	134,89	122,61	110,54	158,91					
3526	A 3550	148,18	135,60	123,26	111,13	159,74					
3551	A 3575	148,95	136,31	123,90	111,71	160,58					
3576	A 3600	149,73	137,02	124,54	112,29	161,41					
3601	A 3625	150,51	137,73	125,18	112,87	162,25					
3626	A 3650	151,29	138,44	125,83	113,46	163,08					
3651	A 3675	152,06	139,15	126,47	114,04	163,92					
3676	A 3700	152,84	139,86	127,11	114,62	164,75					
3701	A 3725	153,62	140,57	127,75	115,20	165,59					
3726	A 3750	154,40	141,28	128,40	115,79	166,42					
3751	A 3775	155,17	141,99	129,04	116,37	167,26					
3776	A 3800	155,95	142,70	129,68	116,95	168,09					
3801	A 3825	156,73	143,41	130,32	117,53	168,93					
3826	A 3850	157,51	144,12	130,97	118,12	169,76					
3851	A 3875	158,28	144,83	131,61	118,70	170,60					
3876	A 3900	159,06	145,54	132,25	119,28	171,43					
3901	A 3925	159,84	146,25	132,89	119,86	172,27					
3926	A 3950	160,62	146,96	133,54	120,45	173,10					
3951	A 3975	161,39	147,67	134,18	121,03	173,94					
3976	A 4000	162,17	148,38	134,82	121,61	174,77					
4001	A 4025	162,95	149,09	135,46	122,19	175,61					
4026	A 4050	163,73	149,80	136,11	122,78	176,44					
4051	A 4075	164,50	150,51	136,75	123,36	177,28					
4076	A 4100	165,28	151,22	137,39	123,94	178,11					
4101	A 4125	166,06	151,93	138,03	124,52	178,95					
4126	A 4150	166,84	152,64	138,68	125,11	179,78					
4151	A 4175	167,61	153,35	139,32	125,69	180,62					
4176	A 4200	168,39	154,06	139,96	126,27	181,45					
4201	A 4225	169,17	154,77	140,60	126,85	182,29					
4226	A 4250	169,95	155,48	141,25	127,44	183,12					
4251	A 4275	170,72	156,19	141,89	128,02	183,96					
4276	A 4300	171,50	156,90	142,53	128,60	184,79					
4301	A 4325	172,28	157,61	143,17	129,18	185,63					
4326	A 4350	173,06	158,32	143,82	129,77	186,46					

REDE FERROVIARIA FEDERAL S/A
SUPERINTENDENCIA COMERCIAL
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS COMERCIAIS

REL. TAR03R

OB.S: NAO INCLUIDO O ICMS
PARA PAGAMENTO A VISTA
EM VIGOR A PARTIR DE 15/08/89

ML-58		TARIFAS					PREÇOS EM NCIS/TON			
QUILOMETROS	*	M-1	*	M-2	*	M-3	*	M-4	*	M-5
4351	A 4375	173,83	*	159,03	*	144,46	*	130,35	*	187,30
4376	A 4400	174,61	*	159,74	*	145,10	*	130,93	*	188,13
4401	A 4425	175,39	*	160,45	*	145,74	*	131,51	*	188,97
4426	A 4450	176,17	*	161,16	*	146,39	*	132,10	*	189,80
4451	A 4475	176,94	*	161,87	*	147,03	*	132,68	*	190,64
4476	A 4500	177,72	*	162,58	*	147,67	*	133,26	*	191,47
4501	A 4525	178,50	*	163,29	*	148,31	*	133,84	*	192,31
4526	A 4550	179,28	*	164,00	*	148,96	*	134,43	*	193,14
4551	A 4575	180,05	*	164,71	*	149,60	*	135,01	*	193,98
4576	A 4600	180,83	*	165,42	*	150,24	*	135,59	*	194,81
4601	A 4625	181,61	*	166,13	*	150,88	*	136,17	*	195,65
4626	A 4650	182,39	*	166,84	*	151,53	*	136,76	*	196,48
4651	A 4675	183,16	*	167,55	*	152,17	*	137,34	*	197,32
4676	A 4700	183,94	*	168,26	*	152,81	*	137,92	*	198,15
4701	A 4725	184,72	*	168,97	*	153,45	*	138,50	*	198,99
4726	A 4750	185,50	*	169,68	*	154,10	*	139,09	*	199,82
4751	A 4775	186,27	*	170,39	*	154,74	*	139,67	*	200,66
4776	A 4800	187,05	*	171,10	*	155,38	*	140,25	*	201,49
4801	A 4825	187,83	*	171,81	*	156,02	*	140,83	*	202,33
4826	A 4850	188,61	*	172,52	*	156,67	*	141,42	*	203,16
4851	A 4875	189,38	*	173,23	*	157,31	*	142,00	*	204,00
4876	A 4900	190,16	*	173,94	*	157,95	*	142,58	*	204,83
4901	A 4925	190,94	*	174,65	*	158,59	*	143,16	*	205,67
4926	A 4950	191,72	*	175,36	*	159,24	*	143,75	*	206,50
4951	A 4975	192,49	*	176,07	*	159,88	*	144,33	*	207,34
4976	A 5000	193,27	*	176,78	*	160,52	*	144,91	*	208,17
5001	A 5025	194,05	*	177,49	*	161,16	*	145,49	*	209,01
5026	A 5050	194,83	*	178,20	*	161,81	*	146,08	*	209,84
5051	A 5075	195,60	*	178,91	*	162,45	*	146,66	*	210,68
5076	A 5100	196,38	*	179,62	*	163,09	*	147,24	*	211,51
5101	A 5125	197,16	*	180,33	*	163,73	*	147,82	*	212,35
5126	A 5150	197,94	*	181,04	*	164,38	*	148,41	*	213,18
5151	A 5175	198,71	*	181,75	*	165,02	*	148,99	*	214,02
5176	A 5200	199,49	*	182,46	*	165,66	*	149,57	*	214,85
5201	A 5225	200,27	*	183,17	*	166,30	*	150,15	*	215,69
5226	A 5250	201,05	*	183,88	*	166,95	*	150,74	*	216,52
5251	A 5275	201,82	*	184,59	*	167,59	*	151,32	*	217,36
5276	A 5300	202,60	*	185,30	*	168,23	*	151,90	*	218,19
5301	A 5325	203,38	*	186,01	*	168,87	*	152,48	*	219,03
5326	A 5350	204,16	*	186,72	*	169,52	*	153,07	*	219,86
5351	A 5375	204,93	*	187,43	*	170,16	*	153,65	*	220,70
5376	A 5400	205,71	*	188,14	*	170,80	*	154,23	*	221,53
5401	A 5425	206,49	*	188,85	*	171,44	*	154,81	*	222,37
5426	A 5450	207,27	*	189,56	*	172,09	*	155,40	*	223,20
5451	A 5475	208,04	*	190,27	*	172,73	*	155,98	*	224,04
5476	A 5500	208,82	*	190,98	*	173,37	*	156,56	*	224,87
5501	A 5525	209,60	*	191,69	*	174,01	*	157,14	*	225,71

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ATLAS NACIONAL DO BRASIL. Região Nordeste. Secretaria de Planejamento da Presidência da República e Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - I.B.G.E.
- 2) BARAT. Josef. A Evolução dos Transportes no Brasil. Rio de Janeiro, 1978. Ed.
- 3) BRASIL CONSELHO NACIONAL DE TRANSPORTES. Planos de Viação . Evolução Histórica (1808 - 1973). Rio de Janeiro, 1973.
- 4) BRONSON, Richard. Pesquisa Operacional. São Paulo, 1985. Ed.
- 5) BRASIL AÇÚCAR. Coleção Canavieira nº 8. Divulgação do Ministério da Indústria e Comércio - MIC/Instituto do Açúcar e do Alcool IXX. Rio de Janeiro, 1972.
- 6) GEIPOT. Estudo de Otimização do Transporte do Alcool Carburante. Brasília, 1984.
- 7) MELLO, José Carlos. Transportes e Desenvolvimento Econômico. Brasília. Ed. E.B.T.U. 1984.
- 8) NETTO, Paulo Oswaldo Boaventura. Teoria e Modelos de Grafos. São Paulo, 1979. Ed. Edgard Blucher Ltda.

- 9) NÓBREGA, William. Açúcar Mercado de Transporte. Conselho Especial de Usuários da Superintendência Regional da RFFSA S.R.l. Recife, 1984.
- 10) NOVAES, Antonio Galvão. Métodos de Otização: Aplicações aos Transportes. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 1978.
- 11) PEREIRA, Carlos Eduardo Ferreira. Relatório da Safra 86/87 da Superintendência Regional de Pernambuco do Instituto do Açúcar e do Alcool. Recife, 1987.
- 12) PUCCINI, Abelardo de Lima. Introdução à Programação Linear. Rio de Janeiro. Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1975.
- 13) RABBANI, Soheil Rahemany. Tese de Doutorado. Análise de Viabilidade Econômica do Transporte de Alcool no Brasil. São Carlos, 1983.
- 14) ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA RFFSA. Diretoria de Planejamento - Departamento Geral de Estatística. Rio de Janeiro, 1978.
- 15) ESTRADAS DE FERRO FEDERAIS. Rede Ferroviária Nordeste. SUDENE - Recife, 1960.
- 16) REDISTRIBUIÇÃO MODAL DO TRANSPORTE DE CARGA NA REGIÃO NORDESTE. Relatório Técnico de Pesquisa. Campina Grande, 1982.