

**ADALBERTO LUÍS RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**OTIMIZAÇÃO DE RECEBIMENTO E DISTRIBUIÇÃO  
EM UNIDADES ARMAZENADORAS DE SOJA**

**CURITIBA**

**2005**

**ADALBERTO LUÍS RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**OTIMIZAÇÃO DE RECEBIMENTO E DISTRIBUIÇÃO  
EM UNIDADES ARMAZENADORAS DE SOJA**

**Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Área de Concentração em Programação Matemática dos setores: de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.**

**Orientação: Prof<sup>o</sup>. Dr. Arinei Carlos Lindbeck da Silva.**

**CURITIBA**

**2005**

Dedico este trabalho à minha querida esposa Darlene e aos meus filhos Tiago, Victor e Vivian e ao amigo Douglas.

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Darlene, pela confiança, incentivo, paciência e compreensão por todos os momentos que não pude lhe dedicar.

**Aos** meus filhos Victor, Vivian e Tiago pelo apoio recebido.

À minha mãe Maria Lourdes pelo apoio, dedicação e paciência.

**Ao** meu grande amigo Douglas por todos os bons momentos de estudo que juntos passamos.

**Ao** professor orientador Arinei Carlos Lindbeck da Silva pela orientação paciência dedicação e atenção que recebi durante o período de orientação e aos demais professores do curso.

**Àqueles** que direta ou indiretamente colaboraram para que a realização desse estudo se tornasse realidade.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>01</b>
1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA REAL .....	02
1.2 OBJETIVOS .....	06
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>06</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>06</b>
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	07
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>08</b>
2.1 A SOJA .....	08
<b>2.1.1 Produção de Soja no Brasil</b> .....	<b>08</b>
<b>2.1.2 A Soja Produzida no Paraná</b> .....	<b>10</b>
2.2 MODELAGEM DE PROBLEMAS .....	14
2.3 A TEORIA DA LOCALIZAÇÃO .....	15
<b>2.3.1 Aplicações em Contextos Agroindustriais</b> .....	<b>16</b>
2.4 PROBLEMAS DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS .....	19
<b>2.4.1 Aplicações</b> .....	<b>23</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1 HISTÓRICO DA CAMPAGRO .....	29
<b>3.1.1 Evolução da Empresa</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1.2 Missão da Empresa</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.3 Estrutura Organizacional</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.4 Principais Produtos da Empresa</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1.5 A Importância da Campagro para os Municípios onde Atua</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1.6 Amplitude do Mercado</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1.7 Fornecedores de Insumos e Serviços Industriais</b> .....	<b>34</b>
3.2 O PROBLEMA DE DIMENSIONAMENTO E ROTEIRIZAÇÃO DE UMA FROTA HETEROGÊNEA DE VEÍCULOS .....	34

3.3 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES .....	38
<b>3.3.1 Introdução .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.2 Algoritmos de Busca de Caminhos Mínimos em Grafos .....</b>	<b>39</b>
3.3.2.1 Algoritmo de Dijkstra .....	39
3.3.2.2 Algoritmos de Floyd .....	39
<b>3.3.3 O Modelo Matemático de Programação Linear Binária .....</b>	<b>40</b>
3.4 SISTEMA LOGÍSTICO .....	42
<b>4 O MODELO MATEMÁTICO .....</b>	<b>57</b>
4.1 O PROBLEMA DE CLUSTERIZAÇÃO .....	59
<b>4.1.1 Métodos Utilizados para Clusterização .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.2 Algumas Aplicações do Problema de Clusterização .....</b>	<b>64</b>
4.1.2.1 Clusterização de Grafos .....	64
4.1.2.2 Clusterização em Sistemas de Manufatura .....	65
<b>4.1.3 O Problema de Roteamento de uma Frota de Veículos .....</b>	<b>67</b>
4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO .....	68
<b>5 ANÁLISES DO MODELO MATEMÁTICO EMPREGADO EM EXEMPLOS .....</b>	<b>73</b>
5.1 EXEMPLO 1 .....	73
5.2 EXEMPLO 2 .....	77
5.3 EXEMPLO 3 .....	81
5.4 APLICAÇÃO .....	85
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>97</b>
6.1 CONCLUSÃO .....	97
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	98
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa do estado do Paraná com destino principal de distribuição de soja .....	05
<b>Figura 2:</b> O processo de construção de modelos .....	14
<b>Figura 3:</b> Decisões estratégicas para o problema de roteamento .....	20
<b>Figura 4:</b> Decisões táticas para o problema de roteamento .....	21
<b>Figura 5:</b> Estrutura básica do sistema de informação logística para a tomada de decisões ...	26
<b>Figura 6:</b> Dados do exemplo .....	36
<b>Figura 7:</b> Problematização inicial .....	43
<b>Figura 8:</b> Cadeia de suprimentos da Campagro envolvendo as unidades armazenadoras e as propriedades rurais no entorno .....	45
<b>Figura 9:</b> Capacidade de armazenamento, recebimento anual ideal e real e estoque ideal em sacas de soja das unidades de armazenamento da Campagro .....	46
<b>Figura 10:</b> Comparação entre a capacidade de armazenamento anual o recebimento em sacas de soja real e o ideal (máximo) .....	46
<b>Figura 11:</b> Fluxograma do processo industrial da unidade de armazenamento .....	49
<b>Figura 12:</b> Comparação das capacidades de recebimento diário de sacas de soja suja e úmida com aquelas secas, e a capacidade de produção diária do secador .....	50
<b>Figura 13:</b> Principais rotas de escoamento da soja no território brasileiro .....	51
<b>Figura 14:</b> Principais rodovias do estado do Paraná e destaque para a rota de escoamento da soja e as unidades de armazenamento da Campagro .....	52
<b>Figura 15:</b> Evolução mensal do recebimento e dos quilos embarcados de soja para a unidade armazenadora da Campagro de Campo Mourão referente ao ano de 2003 .....	53
<b>Figura 16:</b> Recebimento de soja em sacas (a) relacionadas á quantidade de caminhões (b) .	55
<b>Figura 17:</b> Exemplo de árvore de <i>clusters</i> na clusterização hierárquica .....	62
<b>Figura 18:</b> Exemplo de particionamento balanceado de grafos .....	65
<b>Figura 19:</b> Pasta <i>Excel</i> com a planilha Plan1 .....	69
<b>Figura 20:</b> Pasta <i>Excel</i> com a planilha Plan2 .....	69
<b>Figura 21:</b> Programa ROTEA, com os dados de distâncias e capacidades dos entrepostos ..	70
<b>Figura 22:</b> Programa ROTEA, com os dados das viagens .....	70
<b>Figura 23:</b> Programa ROTEA, com os resultados, neste caso com o modelo matemático de PL .....	70
<b>Figura 24:</b> Programa ROTEA, chamando o programa de <i>Lingo</i> .....	71

<b>Figura 25:</b> Programa ROTEA, visualizando os resultados .....	71
<b>Figura 26:</b> Resultado do exemplo 1 .....	77
<b>Figura 27:</b> Resultado do exemplo 2 .....	81
<b>Figura 28:</b> Resultado do exemplo 3 .....	85
<b>Figura 29:</b> Mapa das distâncias obtidas com clusterização .....	88
<b>Figura 30:</b> Distâncias obtidas no ROTEA .....	88
<b>Figura 31:</b> Resultado das folgas obtido pelo ROTEA .....	90
<b>Figura 32:</b> Modelo matemático obtido pelo <i>Lingo</i> .....	90
<b>Figura 33:</b> Resultados do tempo de execução obtidos no <i>Lingo</i> .....	91
<b>Figura 34:</b> Todas as distâncias entre entreposto e produtor .....	92
<b>Figura 35:</b> Resultado das folgas obtido no ROTEA .....	93
<b>Figura 36:</b> Modelo matemático obtido no <i>Lingo</i> .....	93
<b>Figura 37:</b> Distâncias obtidas no ROTEA .....	94
<b>Figura 38:</b> Resultados do tempo de execução obtidos no <i>Lingo</i> .....	95
<b>Figura 39:</b> Resultado das folgas obtido no ROTEA .....	95
<b>Figura 40:</b> Resultados do tempo de execução obtidos no <i>Lingo</i> .....	96



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Economias ordenadas em ordem crescente .....	35
<b>Quadro 2a:</b> Dados do exemplo .....	36
<b>Quadro 2b:</b> Solução ótima .....	36
<b>Quadro 3:</b> Heurísticas de economia propostas por Golden <i>et al</i> (1984) .....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Evolução da área de soja no Brasil por região em mil/hectare .....	10
<b>Tabela 2:</b> Produção de soja no Paraná entre 1963 e 1970 .....	11
<b>Tabela 3:</b> Apresentação da produção de soja em toneladas do Paraná com relação a outros estados e no geral .....	11
<b>Tabela 4:</b> Área plantada, produção e rendimento médio no período de 1969/70 a 1994/95 de soja no Paraná .....	12
<b>Tabela 5:</b> Municípios paranaenses maiores produtores de soja em 2004 .....	13
<b>Tabela 6:</b> Evolução mensal dos preços da soja .....	54
<b>Tabela 7:</b> Variáveis utilizadas em modelos de determinação do preço do frete, e em sua respectiva frequência (número de modelos em que aparecem) .....	56
<b>Tabela 8:</b> Matriz de entrada .....	66
<b>Tabela 9:</b> Exemplo de clusterização da matriz da tabela 8 .....	67
<b>Tabela 10:</b> Quantidade de viagens realizadas entre produtor e entreposto .....	86
<b>Tabela 11:</b> Resumo do recebimento da soja nos entrepostos .....	87
<b>Tabela 12:</b> Dados obtidos através da clusterização .....	89
<b>Tabela 13:</b> Distâncias obtidas com clusterização .....	90
<b>Tabela 14:</b> Dados obtidos através da clusterização .....	93
<b>Tabela 15:</b> Distâncias obtidas com clusterização .....	93

## RESUMO

Esse estudo tem por finalidade elaborar um modelo matemático para a maximização da receita proveniente da logística, estratégias do processo de obtenção, recebimento, armazenamento e distribuição de grãos visando a posterior comercialização ou exportação, quando o preço esperado poderá ser mais elevado em função da sazonalidade e apresenta um programa computacional. Para tanto, foram abordados os aspectos teóricos dos métodos para a resolução de Problemas de Roteamento e Localização. Além disso, foi feito um detalhamento do Método de Roteamento de forma mais aplicada, bem como a descrição da forma utilizada para a distribuição da soja pela empresa Campagro. O programa computacional criado, bem como sua proposta de avaliação, foi aplicado a um conjunto de dados que envolveu 494 produtores da cidade de Campo Mourão e região e 7 entrepostos. O modelo elaborado, que levou em consideração principalmente a clusterização, mostrou que esse método faz com que haja um menor gasto de tempo e considera a menor distância possível entre entrepostos e produtores.

**Palavras-chave:** soja, roteamento de veículos e clusterização.

## ABSTRACT

The following study whose objective is to elaborate a mathematics model to the maximization of the budget coming from the logistics, strategies of acquiring, receiving, storage and distribution process aiming the sale or exportation in order to get a higher price according to the season and presents a computational program. Thus, it was mentioned theoretical features of methods for solving the Localization and Routing Problems. Besides that, it was accomplished a more applied detailing of the Routing Method as well as the description of the used form of distribution of soybean by Campagro company. The computational program and its evaluation proposal were applied to a set of data including 494 farmers of Campo Mourão and its region and 7 grains stores. The accomplished model, which considered mainly the clusterization, has shown that the use of such method provides time saving and it considers the smallest distance between the grains stores and the producers.

**Key-words:** soybean, vehicle routing and clusterization.

# 1 INTRODUÇÃO

Em tempos de mercados competitivos e mais exigentes há uma busca por melhorias no desempenho operacional das empresas oferecendo qualidade no atendimento ao cliente, aproveitando ao máximo os recursos disponíveis de forma a minimizar os custos logísticos do processo produtivo.

A logística é citada no *Council of Logistics Management* (1999) como uma parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla de forma eficiente e eficaz o fluxo e o armazenamento das mercadorias, dos serviços e das informações relacionadas, a partir do ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de satisfazer as necessidades dos clientes.

Carvalho *et al* (2002), citam que, uma das áreas que muito rapidamente tem evoluído é, sem dúvida, a área da armazenagem. Tradicionalmente, um armazém era descrito com uma visão estática que refletia apenas um local onde se guardavam produtos e/ou matérias primas, pouca ou nenhuma importância era dada ao planejamento das suas operações, aos métodos de manuseio dos produtos, ao sistema de rotação dos estoques, ao uso eficiente dos espaços, aos métodos de trabalho, etc.

Martins *et al* (2001) afirmam que o modelo logístico para tomada de decisão objetiva a implementação do planejamento sistêmico da distribuição física, que visa avaliar e selecionar alternativas economicamente viáveis para o abastecimento a partir das combinações possíveis de clientes: demanda, localização e rotas.

Problemas de localização tratam de decisões sobre onde localizar facilidades, considerando clientes que devem ser servidos de forma a otimizar um certo critério. O termo “facilidades” pode ser substituído por fábricas, depósitos, escolas, etc., enquanto que clientes se referem a depósitos, unidades de vendas, estudantes, etc. Tais problemas também são conhecidos como problemas de localização-alocação, devido ao processo de alocação dos outros centros aos centros abertos (Lorena *et al*, 2004).

Segundo Goldbarg & Luna (2000), um sistema de roteamento pode ser considerado como um conjunto organizado de meios que objetiva o atendimento de demandas localizadas

nos arcos ou nos vértices de alguma rede de transportes; ele cita Bodin, que defende que um sistema logístico completo deve ser capaz de controlar o processo de obtenção, estoque e distribuição de produtos sobre uma rede de demanda.

Com vistas a satisfazer as premissas deste conceito, será aplicado um Modelo de Pesquisa Operacional (PO) estruturado de forma lógica e amparados no ferramental matemático de representações para tomada de decisões estratégicas, objetivando claramente a determinação das melhores condições de funcionamento para o Sistema de Recebimento e Sistema de Armazenagem e Distribuição de uma Agroindústria de Médio Porte, cuja matriz localiza-se no município de Campo Mourão – Paraná.

Como resultado final, pôde-se esperar promover a redução de fila para recebimento e distribuição dos grãos e diminuição dos custos operacionais efetuando o dimensionamento racional da frota, bem como sua programação diária, atendendo às necessidades de distribuição física da indústria a partir da simulação de entregas e da criação de rotas, explicitando a operação de entrega do dia considerado. Logo, o dimensionamento da frota será a que possibilita a entrega da totalidade de encomendas diárias ao menor custo de transporte. Para tanto, fez-se uso do *software Lingo*, ferramenta computacional que combina duas características fundamentais para as indústrias deste porte, que são a facilidade de manuseio e o baixo investimento inicial.

## 1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA REAL

A rede de armazenagem de grãos apresenta-se como um elemento indispensável ao incentivo à produção agrícola, sendo esta constituída de estruturas destinadas a receber a produção de grãos, conservá-los em perfeitas condições técnicas e redistribuí-los posteriormente.

As unidades armazenadoras de grãos podem ser mencionadas como sendo complexos agroindustriais constituídos de estruturas e recursos para receber, pré-beneficiar, armazenar e expedir a produção agrícola de uma determinada área de abrangência. Isto faz demandar a condução de um conjunto de operações unitárias, tais como: pesagem,

descarregamento, pré-limpeza, secagem, limpeza, tratamento químico, armazenagem e expedição.

A conservação da massa de grãos é relativamente simples, exigindo, no entanto, além de uma grande especialização e conhecimento, a individualização e a personalização no dimensionamento, no projeto, no tipo de equipamento, na origem e no destino final, do produto armazenado. Parece claro que para um bom desempenho, as empresas devem controlar seus processos, identificando os problemas, visando à perfeição através da otimização dos sistemas. Em geral, a otimização traz uma ou mais vantagens, redução dos custos, aumento das receitas e/ou incremento da qualidade. Um dos fatores que mais contribuem na redução de custos é a minimização das perdas decorrentes do processo, sendo que estas podem ser devido à redução da eficiência e da produtividade, e das perdas propriamente ditas que são as quanti-qualitativas e de tempo.

Para Soares *et al* (1997), o setor agropecuário brasileiro tem a necessidade de buscar, através da melhoria dos processos na cadeia produtiva de grãos, a excelência na qualidade aos produtos, minimizando custos e evitando o desperdício. É importante destacar que o Brasil vem apresentando uma perda de grãos (milho, arroz, soja, feijão e trigo) e hortigranjeiros num montante de US\$ 2,34 bilhões, sendo que o milho apresenta uma das maiores perdas, tanto no aspecto físico (perdas médias de 4,4 milhões de toneladas) quanto no monetário (US\$ 472,2 milhões), tendo como coeficiente de perda efetiva de 17,07% e uma perda em armazenagem de 7,8%.

Em se tratando da qualidade de grãos, a sua conservação está diretamente ligada ao armazenamento que é um dos principais pontos de desperdício. A transferência da produção implica num aumento considerável na distância média a ser percorrida entre as zonas de produção e de processamento e/ou portos de exportação, tornando-se comum a referência aos altos custos de transportes e portuários como fatores que contribuem negativamente na composição final do preço da soja, tanto no mercado nacional quanto no mercado internacional, tornando-a menos competitiva. Esse panorama de competição exige a crescente busca de vantagens competitivas por parte dos produtores e comerciantes participantes da cadeia da soja brasileira.

No processo de comercialização o trajeto percorrido pela soja é basicamente da área de produção ao armazém ou cooperativa e, desses, para a fábrica ou porto (Soares *et al*, 1997).

Além dos problemas de transporte citados anteriormente, existem os problemas de fila para recebimento da soja; esta quanto maior; maiores as dificuldades para o recebimento da soja, ocasionando atraso no escoamento da colheita pelo produtor, aumentando, portanto, o custo.

Nesse contexto, visando oferecer elementos que possam contribuir para uma melhor compreensão da movimentação de soja na região noroeste do Paraná pretendeu-se identificar o fluxo de soja entre as regiões de produção e de processamento e/ou portos de exportação, apontando um caminho alternativo a ser percorrido pela soja através da utilização de um modelo de equilíbrio como instrumento analítico.

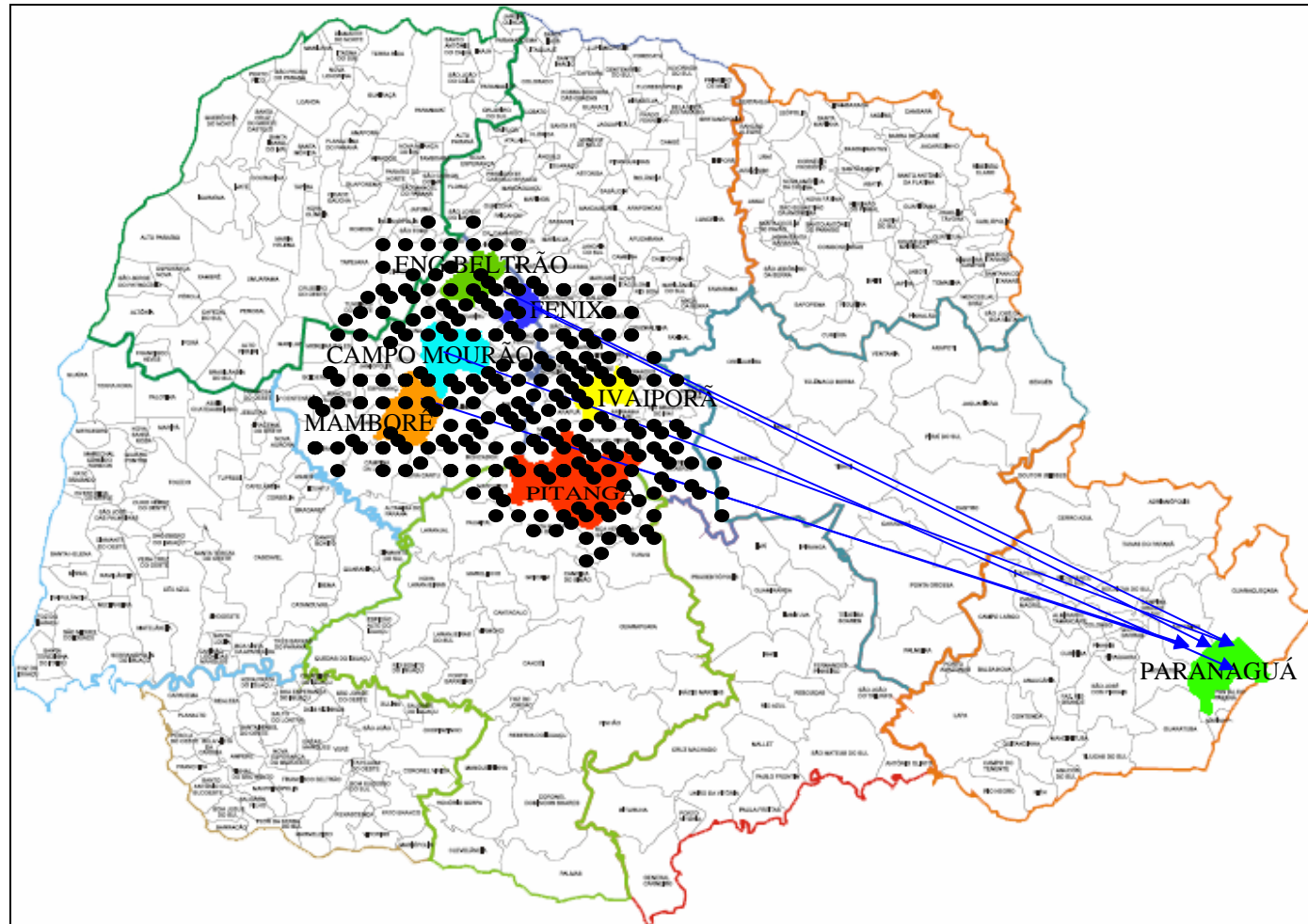
Para solucionar os problemas citados propôs-se uma central única interligada aos outros entrepostos para ter melhor controle sobre este na hora do recebimento armazenamento e distribuição dos grãos.

A empresa no qual foram elaborados os estudos é a Campagro Insumos Agrícolas Ltda. com sede em Campo Mourão – Paraná, situada na avenida Irmãos Pereira, 251 e vários entrepostos como mostra o mapa, que consta na figura 1. O mapa evidencia as localizações dos entrepostos e os pontos mostram os produtores (pontos fictícios) e as setas evidenciam aonde será o provável maior ponto de distribuição (Porto de Paranaguá).

O objetivo é de facilitar a entrega dos grãos pelo produtor através da menor distância, estrada de melhor conservação, qual entreposto está em melhores condições para receber os grãos, e viabilizando o melhor entreposto para distribuição dos grãos (menor distância para o lugar de entrega).



**Figura 1:** Mapa do estado do Paraná com destino principal de distribuição de soja



Fonte: Prefeitura Municipal de Campo Mourão, 2005.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar um modelo matemático para a maximização da receita proveniente da logística (estratégias do processo de obtenção, recebimento armazenamento e distribuição de grãos) visando a posterior comercialização ou exportação, quando o preço esperado poderá ser mais elevado em função da sazonalidade.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados da empresa.
- Analisar o sistema de recebimento, armazenamento e distribuição dos grãos.
- Fazer levantamento das regiões de oferta e demanda tendo como referência os anos anteriores.
- Levantar quantidade ofertada e demandada de soja.
- Levantar rotas utilizadas para movimentação da soja.
- Levantar distâncias através da situação existente, como base na matriz de origem destino.
- Elaborar modelo matemático visando reproduzir a situação atual referente à movimentação da soja.
- Escolher *software* adequado à situação existente.

- Criar cenários alternativos baseados no *software* escolhido.
- Inferir sobre a melhor alternativa, propondo hierarquias do sistema da movimentação da soja.
- Solucionar os problemas citados propondo uma central interligada aos outros entrepostos para ter melhor controle na hora do recebimento armazenamento e distribuição dos grãos.
- Facilitar a entrega dos grãos pelo produtor através da menor distância, estrada de melhor conservação, qual entreposto está em melhores condições para receber os grãos; e viabilizando o melhor entreposto para distribuição dos grãos (menor distância para lugar de entrega).

### 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está subdividida em seis capítulos. Além de todas as informações necessárias para que o leitor tome conhecimento a respeito da proposta deste estudo, o primeiro capítulo apresenta também, a título de informação, alguns conceitos importantes do que será exposto no segundo capítulo. No segundo capítulo, voltado à revisão da literatura, dá-se um enfoque histórico sobre o desenvolvimento e produção da soja no Brasil e no estado do Paraná. Esses são os temas teóricos importantes na elaboração desta dissertação. Os aspectos teóricos dos métodos para a resolução de Problemas de Roteamento e Localização são abordados no segundo e no terceiro capítulo. No capítulo três apresentam-se os materiais e métodos usados na elaboração desta dissertação, bem como a estruturação da Campagro. No quarto capítulo é feito um detalhamento do Método de Roteamento de forma mais aplicada, bem como a descrição da forma utilizada para a distribuição da soja pela empresa supra citada. O capítulo cinco discute os resultados obtidos através da aplicação do modelo matemático, e também os resultados sobre pontos relevantes acerca de vários aspectos, variáveis e fatores, inferidos a partir dos dados. Além de exemplos para melhor compreensão do leitor. Apresenta ainda algumas oportunidades para a melhoria da distribuição. Finalizando, tem-se a conclusão como sexto capítulo, apresentando algumas contribuições e sugestões.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A SOJA**

A soja (*Glycine max*) é uma planta de origem asiática, pertencente à família das leguminosas. Sua cultura intensificou-se em muitos países em virtude da grande riqueza em albuminas e em óleos que encerra em suas sementes. Trata-se de uma cultura de grande importância econômica, não só para o mercado interno, mas também para o externo, constituindo-se numa grande fonte de divisas para o Brasil. Por esse motivo, a soja poderia ser chamada, conforme Soares *et al* (1997), de “Petróleo Vegetal”.

#### **2.1.1 Produção de Soja no Brasil**

De acordo com Gazzoni (1994), a soja foi introduzida no Brasil no final do século XIX. Inicialmente foi inserida no Estado da Bahia e cem anos mais tarde já era corrente em praticamente todos os estados, sendo desenvolvida com padrões tecnológicos modernos, na forma como vinha sendo cultivada nos EUA, com exceção das diferenças edafoclimáticas e econômicas.

Até a década de 40, sua importância econômica era insignificante no contexto agrícola nacional, e, devido ao seu pequeno volume produzido, não participava nos levantamentos estatísticos. Após 1960, os agricultores do Planalto Médio e do Noroeste do Rio Grande do Sul alastraram o cultivo da soja, utilizando-se dos mesmos equipamentos e insumos da cultura de trigo, isso permitiu uma sucessão de culturas agronomicamente compatível, atendendo à demanda das indústrias produtoras de óleo vegetal.

Gazzoni (1994) relata ainda que a evolução da produção foi incentivada por uma conjuntura favorável de demanda internacional, marcada, principalmente, pela garantia de mercado e preços compensadores. Esse fato levou a expansão da cultura ao auge, especialmente na década de 70, colocando o Brasil como o primeiro exportador mundial de farelo de soja. Sendo que, no decorrer da década de 80, o centro da produção de soja deslocou-se do pólo tradicional (centro-sul) para o centro do país (centro-oeste), aumentando

sua área de 1,29 milhões de hectares e produção de 2,2 milhões de toneladas, para 5,08 milhões de hectares, com uma produção de 10,3 milhões de toneladas, em 1989. No entanto, pode ter havido substituição de culturas em determinada parcela.

Segundo estudos realizados por Gomes (2004) no período de 1970/1980, o crescimento da área com soja, tanto na região tradicional como na em expansão, deveu-se quase que exclusivamente ao efeito-substituição, que atingiu mais de 98% dessa expansão.

No Brasil, a partir da década de 90, a soja passou a ser o principal produto agrícola da região centro-oeste, com altos níveis de produtividade. Sendo que, atualmente, os Estados Unidos ocupam a primeira posição entre os países produtores, respondendo por 78 milhões de toneladas. O Brasil é o segundo maior produtor de soja e, na safra 2003, produziu cerca de 50 milhões de toneladas (Embrapa, 2004).

Segundo Soares *et al* (1997), “a soja é a cultura de grãos mais importante do país, responsável pela entrada de mais de US\$ 3 bilhões anuais em divisas e da qual direta ou indiretamente, depende a estabilidade da economia nacional”.

De acordo com dados estatísticos da Embrapa, no ano de 2003 a região Centro-Oeste contribuiu com 44,60% da produção nacional de soja, enquanto que a região Sul contribuiu com 40,20%. Verificou-se que no período correspondente às safras 1999/00 e 2000/01, a produção da região apresentou uma taxa média anual de crescimento de 9,11%. Tal crescimento ocorreu mais devido ao aumento da área semeada, pois isso apresentou uma taxa média de crescimento de 5,17% ao ano, enquanto que a produtividade cresceu a uma taxa de 3,94% ao ano.

Dentre os municípios de maior produção de soja em 2004, tem-se em ordem decrescente: dezessete municípios de Mato Grosso, nove de Mato Grosso do Sul, nove do Paraná, cinco de Goiás, três da Bahia, três do Rio Grande do Sul, dois do Maranhão, um de São Paulo e um de Minas Gerais, que participaram com 41,41% da produção total de soja do Brasil.

Na tabela 1 observa-se a evolução da área de soja no Brasil por região:

**Tabela 1:** Evolução da área de soja no Brasil por região em mil/hectare

<b>Região</b>	<b>99/00</b>	<b>00/01</b>	<b>01/02</b>	<b>02/03</b>	<b>03/04</b>
Norte	25,2	44,8	50,4	59,7	73,0
Nordeste	593,9	728,9	772,8	581,0	940,2
Sudeste	1.097,6	1.131,1	1.097,6	1.152,9	1.155,8
Sul	5.680,8	6.190,3	6.119,3	6.049,5	5.914,2
Centro-Oeste	3.983,8	5.060,2	4.955,1	5.394,7	5.602,0
Brasil	11.381,3	13.155,3	12.995,2	13.507,8	13 685,2

Fonte: Embrapa, 2004.

### 2.1.2 A Soja Produzida no Paraná

No Paraná, as atividades primárias agrícolas são as mais importantes. Devido a esta importância, é conhecido como o Celeiro do Brasil. Praticamente um quarto da produção agrícola brasileira é paranaense.

Povoado principalmente por descendentes de alemães, poloneses e italianos, o Paraná conta com um setor agropecuário bem diversificado e com altos índices de produtividade.

Dentre as culturas temporárias produzidas neste Estado destacam-se o algodão, o centeio, o milho, o rami, o trigo, a soja, o amendoim e a cana-de-açúcar.

Segundo Soares *et al* (1997), um maior enfoque do Paraná à produção de soja deu-se principalmente devido ao desenvolvimento das indústrias de óleo a partir da década de 60.

Ainda segundo os autores, a produção no período entre 1963 a 1970 quase quadruplicou, como demonstra a tabela 2.

**Tabela 2:** Produção de soja no Paraná entre 1963 e 1970

	<b>1963</b>	<b>1964</b>	<b>1965</b>	<b>1966</b>	<b>1967</b>	<b>1968</b>	<b>1969</b>	<b>1970</b>
<b>ha</b>	100	162	208	358	556	1.609	2.244	2.244
<b>Produção</b>	100	134	181	345	799	1.038	1.463	1.747

Fonte: Embrapa, 2004.

A produção agrícola da soja no Paraná apresentou, de 1963 a 1970, um incremento bastante significativo com um índice de evolução de 1.747 toneladas, e respectiva expansão da área cultivada em 2.516 hectares.

De acordo com Soares *et al* (1997), dadas as condições ecológicas favoráveis, principalmente nas regiões Oeste, Sudeste e Noroeste do Estado, a média anual de aumento da produção é da ordem de 58%, com uma produtividade situada em torno de 1200 Kg/hectare, nos 7 anos analisados, sendo ao final deste período o 2º produtor de soja, no total nacional.

Na tabela 3 se observa a apresentação progressiva da produção de soja no período de 63 a 70.

**Tabela 3:** Apresentação da produção de soja em toneladas do Paraná com relação a outros estados e no geral

<b>Anos</b>	<b>Paraná</b>	<b>Outros Estados</b>	<b>Brasil</b>
<b>1963</b>	19.850	304.900	324.800
<b>1964</b>	26.600	286.400	313.000
<b>1965</b>	35.900	479.100	515.000
<b>1966</b>	68.500	512.000	580.000
<b>1967</b>	112.800	602.300	715.100
<b>1968</b>	206.000	491.300	697.300
<b>1969</b>	290.400	687.600	978.000
<b>1970</b>	368.000	850.000	1.200.000

Fonte: Banco de Desenvolvimento do Paraná S.A., 2004.

A produção de soja, além das condições climáticas, investimentos para melhoramento da produção, ainda está vinculada ao mercado externo; sendo que, qualquer

alteração desses fatores, acarreta no aumento ou diminuição de áreas plantadas e/ou produção de grãos.

**Tabela 4:** Área plantada, produção e rendimento médio no período de 1969/70 a 1994/95 de soja no Paraná

<b>Safra</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Produção (T)</b>	<b>Rendimento (Kg/ha)</b>
<b>1969/70</b>	304.211	368.006	1.210
<b>1970/71</b>	357.701	461.746	1.291
<b>1971/72</b>	452.692	688.158	1.520
<b>1972/73</b>	817.816	1.326.338	1.622
<b>1973/74</b>	1.340.000	2.588.880	1.932
<b>1974/75</b>	1.631.897	3.624.946	2.221
<b>1975/76</b>	2.083.300	4.500.000	2.160
<b>1976/77</b>	2.200.000	4.700.000	2.136
<b>1977/78</b>	2.348.541	3.150.103	1.341
<b>1978/79</b>	2.340.460	4.000.000	1.709
<b>1979/80</b>	2.410.800	5.400.192	2.240
<b>1980/81</b>	2.266.200	4.983.210	2.200
<b>1981/82</b>	2.099.996	4.200.120	2.000
<b>1982/83</b>	2.022.000	4.315.000	2.134
<b>1983/84</b>	2.177.900	4.121.000	1.892
<b>1984/85</b>	2.196.370	4.413.000	2.009
<b>1985/86</b>	1.745.000	2.600.000	1.490
<b>1986/87</b>	1.718.000	3.810.000	2.218
<b>1987/88</b>	2.123.379	4.771.264	2.247
<b>1988/89</b>	2.399.993	5.031.297	2.096
<b>1989/90</b>	2.267.638	4.649.752	2.050
<b>1990/91</b>	1.972.538	3.531.216	1.790
<b>1991/92</b>	1.794.000	3.417.000	1.905
<b>1992/93</b>	2.000.000	4.720.000	2.360
<b>1993/94</b>	2.110.000	5.327.800	2.525
<b>1994/95</b>	2.120.600	5.334.800	2.610

Fonte: Embrapa, 2004.

De acordo com esse informe e baseando-se no último dado da tabela 4, o Estado do Paraná, na área total do País, participou com 18,16% de plantio e atingiu uma produção equivalente a 21,34% da produção total do País.



Conforme dados do Embrapa (2004), em 1999 o Paraná foi o maior produtor brasileiro de soja, com 7,7 milhões de toneladas, o equivalente a um quarto da safra nacional.

Esses dados são confirmados pelo artigo da Tribuna Rural (Campo Mourão, domingo, 7 de novembro de 2004, p. 5) que relata que “[...] no Paraná, são mais de 2,7 milhões de hectares plantados e a soja movimenta mais de 260.000 pessoas e 70.000 propriedades. O complexo da cultura contribui significativamente para as exportações e para a balança comercial do País.”

O Estado do Paraná, em 2004, apresentou uma produção bastante dispersa geograficamente e, apesar disto permaneceu como líder na produção brasileira de soja com nove municípios presentes no ranking nacional, que se relacionam na tabela abaixo:

**Tabela 5:** Municípios paranaenses maiores produtores de soja em 2004

<b>Municípios</b>	<b>Área Plantada (ha)</b>	<b>Produção (t)</b>
Cascavel	75.000	232.500
Toledo	64.000	211.200
Assis Chateaubriand	68.100	177.060
Mamborê	53.190	151.262
Tibagi	46.000	138.000
Castro	47.000	136.650
Ubiratã	47.300	132.050
Palotina	39.800	120.500
Campo Mourão	41.100	119.030

Fonte: IBGE, 2004.

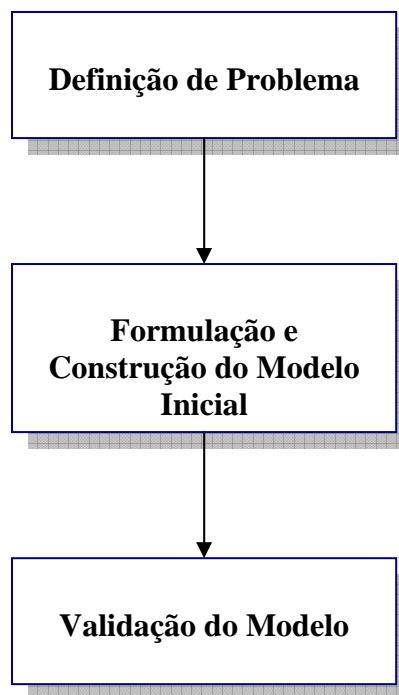
Em âmbito nacional, a cultura da soja vivenciou um impulso vigoroso ao longo da última década, e, neste patamar, o Paraná acompanhou a evolução, adquirindo incentivos e melhoramentos de cultivares, permanecendo assim entre os maiores produtores nacionais.

## 2.2 MODELAGEM DE PROBLEMAS

Um modelo é um meio para uma visão bem estruturada da realidade. Um modelo também pode ser visto, com os devidos cuidados, como uma representação substitutiva da realidade (Goldbarg & Luna, 2000).

O processo de modelagem ou de construção de modelos na ótica operacional é possível se resumir nos passos sugeridos pelo fluxograma da figura 4.

**Figura 2:** O processo de construção de modelos



Fonte: Goldbarg & Luna, 2000.

As técnicas e algoritmos que serão abordadas nesse estudo destinam-se a estruturar e a solucionar os modelos quantitativos que podem ser expressos matematicamente. Os principais modelos de Pesquisa Operacional (PO) são denominados de Programação Matemática e constituem uma das mais importantes variedades dos modelos quantitativos.

O campo da programação é enorme e suas técnicas consagraram-se em face à sua grande utilidade na solução de problemas de otimização. O processo de modelagem

matemática, em si, pouco varia, contudo as técnicas de solução acabaram agrupadas em várias sub-áreas como:

- a) Programação Linear.
- b) Programação Não Linear.
- c) Programação Inteira.

A programação matemática, na prática, é fortemente direcionada ao apoio de tomada de decisão no gerenciamento de sistemas de grande porte, especialmente no que diz respeito ao tratamento de variáveis quantificadas. A técnica permite a modelagem de inter-relações entre variáveis que dificilmente seriam visíveis de forma intuitiva. Com a utilização da Programação Matemática pode-se examinar inúmeras configurações viáveis do problema proposto pelo tomador de decisão e selecionar, dentro de certos critérios “as melhores”.

A tomada de decisão é um tema de grande importância no mundo atual. Decisões e ações são o produto final do trabalho de gerentes, executivos, engenheiros e políticos. A tomada de decisão é o ato de selecionar dentre várias decisões possíveis, a mais adequada para o alcance de certo objetivo.

### 2.3 A TEORIA DA LOCALIZAÇÃO

Segundo Lopes & Caixeta Filho (2000) a determinação sobre onde se produzir um determinado bem sempre representou uma preocupação, até mesmo para os economistas clássicos, mesmo que de uma forma superficial. Um dos primeiros cientistas a estudar o problema de localização foi o alemão Von Thünen, no ano de 1826 (citado por Leme apud Lopes & Caixeta Filho, 2000). Nesse trabalho, o autor procurou determinar a influência das cidades na produção agrícola, bem como a distribuição espacial das culturas, em função de seu valor, constituindo-se no que se convencionou de chamar “anéis de Von Thünen”.

O trabalho considerado como a gênese da teoria da localização foi desenvolvido pelo alemão Alfred Weber em 1909 (também citado por Leme apud Lopes & Caixeta Filho, 2000). Ele determinou a localização da atividade industrial, através das forças de atração. Em seu

estudo, Weber considerou uma área onde existia somente um único mercado consumidor e duas regiões fornecedoras de matéria-prima. As forças de atração, neste caso, foram representadas pelo custo de transporte, sendo que o equilíbrio de tais forças determinava a localização da atividade industrial. Após se determinar a localização, o mesmo procurava, através de isodapanas, verificar o efeito de outras forças de atração, como custo da mão-de-obra e aglomeração.

No modelo proposto por Weber, só se trabalhava com duas fontes de matéria-prima e uma região de demanda, constituindo, assim, um triângulo locacional. A partir deste triângulo, através das forças atrativas, poder-se-ia determinar a melhor localização da firma. Posteriormente, através de isodapanas, pode-se verificar a atuação de outras forças, como custo de mão de obra, que podem promover o deslocamento da firma para uma nova região.

Com o surgimento da programação linear, em meados da década de 40, em especial o modelo de transporte, puderam ser introduzidas situações mais complexas que a original. Pode-se então trabalhar com várias regiões de demanda, bem como com várias regiões de oferta de matéria-prima. Segundo Nunes (2002), uma das vantagens de se trabalhar com modelos multirregionais consiste em se poder determinar, simultaneamente, o fluxo de produtos e os preços relativos de mercado.

Ainda de acordo com Nunes (2002), o modelo tradicional de transporte, embora aprimorasse o modelo original, apresentava algumas limitações, conseqüência de suas pressuposições básicas, que estão relacionadas a seguir: considera um mercado em concorrência perfeita; não considera economia de escala no transporte; a tecnologia é considerada constante dentro da área de estudo; as ofertas e demandas de cada região são conhecidas as variáveis observam relações lineares; não considera economia de escala no processamento.

Um grande avanço na determinação da localização foi alcançado a partir da utilização de novas formas de modelagem, como programação inteira/mista (mais especificamente com a utilização de variáveis binárias no modelo), programação dinâmica, e programação estocástica, que tornaram possível um maior relaxamento das pressuposições envolvidas no modelo tradicional de transportes.

### 2.3.1 Aplicações em Contextos Agroindustriais

Para Stollsteimer citado por Lopes & Caixeta Filho (2000), o problema de localização deve se ater não somente sobre a melhor localização, mas também sobre o número de firmas, tamanho, localização das fontes de matéria-prima e forma de distribuição do produto final, para que se possa programar os investimentos tanto na firma quanto em equipamentos. Tal autor desenvolveu um modelo básico para se determinar o número, tamanho e localização de *packing-houses* (estruturas onde se realizam as primeiras operações de classificação e limpeza de hortifrutis) para pêra na região noroeste da Califórnia, nos Estados Unidos. Dentro dessa concepção, estes autores citam King & Logan os quais desenvolveram uma metodologia para se determinar a localização, número e tamanho ótimo de abatedouros de bovinos para o estado da Califórnia, EUA. Em seu trabalho incluíram tanto os custos de transporte da matéria-prima quanto os custos de transporte do produto final. Citam também Baritelie & Holland (1975) que desenvolveram um procedimento matemático para a determinação de localização e tamanho ótimo de firmas, onde algumas variáveis foram incorporadas ao modelo, como custo da matéria-prima, estoque e *carryover* (estoque de passagem entre dois períodos agrícolas) e firmas com múltiplos produtos.

Usando modelo tradicional de transporte, Nunes (2002) estuda a forma eficiente de organizar o complexo das fábricas de processamento de laranja no Estado de São Paulo. Determinou-se quais seriam as regiões que iriam atender cada fábrica, inclusive identificando as áreas de conflitos, assim como as unidades passíveis de ampliação (mediante uma situação de excesso de oferta), ou ainda as regiões que permitissem a implantação de uma nova unidade.

Kilmer *et al* citado ainda por Lopes & Caixeta Filho (2000), através do uso de programação dinâmica, estudaram a abertura de novos *packing-houses*, no estado da Flórida, EUA, uma vez que com o deslocamento da produção, observado nos últimos 50 anos, muitos desses *packing-houses* estavam ficando muito distantes da área de produção. Neste estudo, os autores procuraram traçar uma programação para a abertura de novos *packing-houses*, assim como o fechamento de estruturas mais antigas. Visto que essa operação implicava custos adicionais, o objetivo do trabalho foi o de minimizar tais custos dentro do horizonte de estudo. Os autores procuraram ainda apresentar como seriam os ajustamentos de curto-prazo na

localização. Foi ressaltado que os modelos estáticos de localização representavam uma solução ótima para o equilíbrio ao longo-prazo, não havendo uma preocupação nos ajustamentos no curto-prazo. A pressuposição de oferta fixa foi relaxada: ela permaneceu fixa em um determinado período, mas observando níveis distintos em cada um dos períodos analisados.

Von Oppen (1976) citado por Lopes & Caixeta Filho (2000), utilizando modelo de equilíbrio espacial em conjunto com modelos de localização, determinou a localização, tamanho da área de mercado e o comércio inter-regional para a indústria de soja na Índia, aplicando importantes funções econômicas, tais como transportes de insumos e produtos, custos médios, ofertas e demandas regionais. Foi inicialmente determinada a localização das firmas por meio de um modelo de otimização, assim como o comércio inter-regional de insumos e produtos, com auxílio de um modelo de programação quadrática. Da solução ótima da localização se derivou o custo médio regional de processamento, o qual foi inserido no modelo de comércio inter-regional. Da solução ótima deste se derivaram as quantidades a serem processadas e distribuídas pelas firmas, que foram então inseridas no modelo de localização.

Almeida (1981) avaliou a viabilidade econômica de implantação e localização de unidades produtoras de farinha de milho integral e desengordurada a ser misturada com farinha de trigo. Para o caso da localização procurou-se minimizar os custos de transporte do milho e farinha, em conjunto com os custos de processamento, para se obter a localização ótima em função das restrições de escoamento do milho e da farinha, localização das unidades fabris bem como suas capacidades.

Brown & Drynan (1986) ressaltam o fato de o problema dos modelos básicos não considerarem variações tanto do lado da oferta quanto do lado da demanda, isto é, os bens e insumos são considerados perfeitamente inelásticos com relação ao preço. Esta pressuposição bastante forte fez com que os mesmos autores optassem pela utilização de programação estocástica discreta. Trabalharam basicamente com variações estacionais, em conjunto com expectativas de safras (divididas em boa, média e ruim), para determinar a localização e tamanho ótimo de abatedouros de gado no Estado de Queensland, Austrália. Os autores chamam a atenção para as diferenças entre as soluções dos modelos básicos e aquelas obtidas pelo modelo por eles concebido.

Cruz (1990), através de sistema de redes não-capacitadas, determinou a localização e o tamanho que tornavam mais eficiente economicamente as unidades armazenadoras no Estado de Minas Gerais, através da minimização dos custos de transporte e instalação de novas unidades armazenadoras a granel. Trabalhando modelo, economia de escala no transporte e processamento, projetando várias situações de oferta de matéria-prima.

Canziani (1991) estudou a localização de fábricas de suco de laranja concentrado no norte e noroeste do estado do Paraná, visando a minimização dos custos de coleta e reunião da produção, de processamento e de distribuição do produto final. O autor considerou, no modelo, a economia de escala no transporte e processamento, projetando várias situações de oferta de matéria-prima.

Brown *et al* (1996), utilizando modelo de programação linear, determinaram o número ótimo, bem como os locais para a indústria de tabaco na região da Virginia, EUA, baseando-se nos atuais mercados e nas produções vigentes. Chegaram a conclusões sobre quais mercados deveriam ser fechados e quais deveriam ser consolidados.

Todos estes trabalhos citados atestam a grande diversidade de aplicações de modelos de localização desenvolvidas no contexto agroindustrial, com o auxílio de instrumental de programação matemática.

## 2.4 PROBLEMAS DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS

Segundo Goldberg & Luna (2000), um sistema de roteamento pode ser considerado como um conjunto organizado de meios que objetiva o atendimento de demandas localizadas nos arcos ou nos vértices de alguma rede de transportes. O sistema de roteamento, como qualquer sistema operacional, pode ser decomposto, sob a ótica da operação, em três partes, a saber:

- ✓ estratégia;
- ✓ tática;
- ✓ logística.

Este autor cita Bodin (1983), que afirma que o objetivo maior da logística é fazer chegar provisões e/ou serviços a pontos de consumo, a partir de pontos de suprimento. Um sistema logístico completo deve ser capaz de controlar o processo de obtenção, estoque e distribuição de produtos sobre uma rede de demanda. Um sistema dessa natureza é normalmente complexo e composto de importantes subsistemas fortemente acoplados. Apesar da compreensão do sistema ser necessariamente globalizada, é convincente analisá-lo em etapas devido a sua complexidade. O primeiro contexto de análise aborda normalmente os macroaspectos do sistema. Por exemplo, é comum que as decisões relativas à escolha de locais para depósitos ou fábricas sejam tomadas antes da definição detalhada da forma de distribuição dos itens fabricados. Nesse caso, essas decisões são mais fortemente influenciadas por aspectos externos ao sistema e acabam por determinar sua organização. As decisões estratégicas envolvem os tópicos da figura 5.

**Figura 3:** Decisões estratégicas para o problema de roteamento



Fonte: Goldbarg & Luna, 2000.

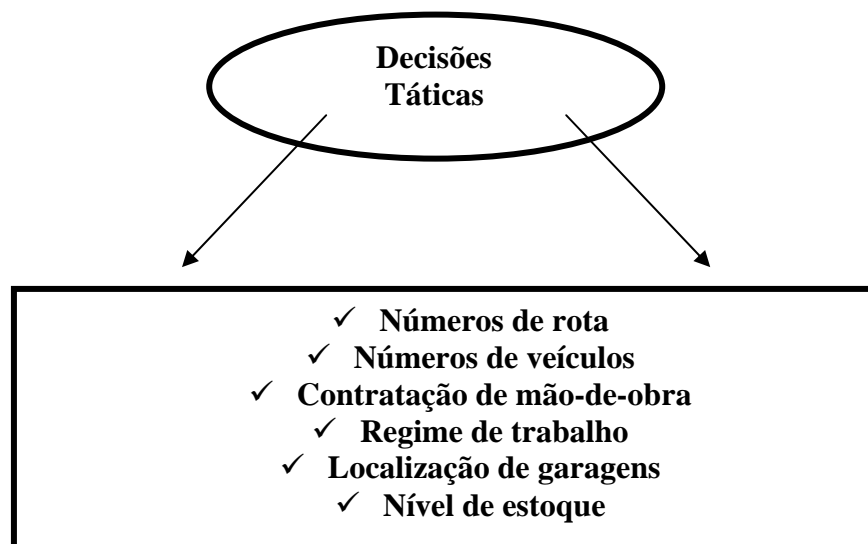
As decisões estratégicas normalmente possuem impacto sobre todo o sistema e têm efeito duradouro. É interessante ressaltar que algumas decisões estratégicas indevidas produzirão sérias dificuldades para a futura otimização do sistema. Convém observar que, sob o ponto de vista da otimização da operação, o seqüenciamento da solução poderá ser totalmente diferente para cada partido estrategicamente adotado. Em certas circunstâncias, talvez seja necessário o estudo da localização de postos e depósitos, face à manutenção de



determinado nível de atividades de uma frota e em conformidade com outras restrições consideradas muito significativas.

Uma vez iniciado o processo de construção do sistema de roteamento, obviamente, outras decisões deverão ser tomadas. As decisões sobre número de rotas, sobre a forma de contratação de mão-de-obra ou regimes de trabalho, são freqüentemente tomadas de uma forma mais localizada e específica, conforme figura 6. É óbvio que tais distinções nos níveis de decisão não são muito claras, especificamente pela grande inter-relação existente entre essas partes ou etapas do funcionamento do sistema. A localização dos centros de operações, garagens e centros de manutenção, produzirão um forte efeito sobre as atividades da organização, apesar de não serem, na maioria das vezes, consideradas como estratégicas.

**Figura 4:** Decisões táticas para o problema de roteamento



Fonte: Guldbarg & Luna, 2000.

Considerando que a frota de veículos e a mão-de-obra, por serem elementos relativamente mais flexíveis no processo, não concentrarão inicialmente o esforço decisório sendo, possivelmente, os últimos componentes a terem uma definição detalhada. A consequência decorrente é que a procura da solução do sistema será realizada com uma preocupação inicial de definir instalações e outros elementos mais estáticos, uma vez que no funcionamento de um sistema, as decisões operacionais são predominantes.

Na operação é necessário um plano efetivo e flexível de entregas e, de tal forma, que deverá ser capaz de atender as especificações do nível de eficiência pretendido para o serviço de transporte. Dentro desse contexto, define-se claramente um problema de característica

combinatória e de grande dificuldade de solução que será denominado de problema de roteamento de veículos. Como elementos de entrada mais prováveis desse problema pode-se destacar:

- ✓ a área servida pelos dispositivos;
- ✓ o tamanho da frota alocada a cada dispositivo;
- ✓ as regras que definirão as alocações de transporte a elementos da própria frota ou unidades eventualmente contratadas.

De posse dessas informações, o objetivo do planejamento será estabelecer um roteamento e um seqüenciamento do emprego de veículos que conduzam à minimização do custo da atividade. Nesse ponto é pertinente esclarecer que a definição de uma função objetivo apropriada pode ser, por si só, uma tarefa não muito simples e o objetivo de reduzir custos poderá ser perseguido através da redução de:

- ✓ prazos de entrega (serviços de emergência, produtos perecíveis etc.);
- ✓ caminhos a percorrer (combustível, manutenção, tempo de operação etc.);
- ✓ emprego de mão de obra;
- ✓ riscos de acidentes ou avarias;
- ✓ número de veículos.

Ou ainda repensando:

- ✓ intervalos de trabalho (evitando engarrafamentos, taxa de estacionamento, etc.);
- ✓ o carregamento (otimizando a relação carga/rota/meios de transporte);
- ✓ a alocação do meio de transporte vezes tarefa (otimizando a relação carga/rota/meios de transporte);
- ✓ a política para o atendimento da demanda dos clientes, demanda essa normalmente de natureza estocástica e nem sempre imediatamente econômica. Nesse caso, o valor do cliente é uma variável composta que inclui desde a perda do cliente e o conseqüente avanço da concorrência, até dificuldade de sua futura recuperação;

- ✓ a política de controle de estoques e investimento em instalações e meios diversos (compra ou aluguel de veículos, esquema e disponibilidade da frota, etc.).

Tais elementos intervenientes sugerem a utilização de uma função objetivo composta que minimize inconvenientes e maximize os fatores positivos. Obviamente, tal tarefa de difícil modelagem, é de muito mais difícil implementação prática. Convém ressaltar a importância dentro do problema de roteamento do subproblema de distribuição. Essa importância é devida, dentre outros fatores, ao fato de que a distribuição engloba elevados custos. Marques (2003) mostra que um atraso na entrega de produtos no mercado internacional contribui para o custo final do produto com um acréscimo de 5% por mês de atraso. Essa observação de Marques é pertinente, pois um ciclo em um roteamento marítimo pode envolver dois ou mais meses. Bodin (1983) mostra que a distribuição física dos produtos contribui com cerca de 16% do custo final do item. Por outro lado, certos produtos carecem de uma distribuição eficiente por motivos não só econômicos com também de segurança. Como um exemplo disso, cita-se os medicamentos e os combustíveis.

#### **2.4.1 Aplicações**

Segundo Narciso *et al*, (2002), em regiões urbanas e rurais, os problemas de localização e roteamento têm grande aplicação. Novos algoritmos para solução destes tipos de problemas, que pertencem à classe NP-hard (solução de problemas não determinada em tempo polinomial), foram feitos no sentido de melhorar o tempo de execução e manter a qualidade da solução. Estes algoritmos, em conjunto com um sistema de informação geográfica (SIG), formam um sistema de apoio à decisão (SAD). O objetivo desse trabalho foi mostrar os sistemas de apoio à decisão, desenvolvidos para solucionar problemas de localização e roteamento, composto pelos novos enfoques de algoritmos de localização e roteamento e sistemas de informação geográfica Spring, Map Objects, Transcad e Arc View.

Ainda segundo estes autores, nas cidades e na zona rural existem uma série de serviços envolvendo localização e roteamento (transportes). À medida que a população cresce, a demanda por serviços de transportes (ônibus, entrega de produtos agrícolas) e localização (silos, hospitais, restaurantes, hotéis) também cresce e como resolver estes problemas

(localização e roteamento) de forma a minimizar custos, distâncias, tempo, etc., otimizando os serviços de transporte e localização, é um objeto de pesquisa por parte do projeto ARSIG - Análise de Redes com Sistema de Informação Geográfica.

Problemas de localização e roteamento estão amplamente descritos na literatura. Estes tipos de problemas são do tipo NP-Hard (Garey & Johnson, apud Narciso *et al*, 2002) e assim, o tempo para se obter uma solução cresce exponencialmente à medida que aumenta o tamanho da instância (dados de entrada do problema). Pode-se melhorar este cenário buscando alternativas de algoritmos para a solução destes tipos de problema. Novas soluções foram propostas através dos enfoques de algoritmos genéticos construtivos, adaptados para problemas de localização, roteamento, relaxação lagrangeana/surrogate e geração de colunas em conjunto com o enfoque da relaxação lagrangeana/surrogate (Lorena *et al*, 2004).

Cada um desses enfoques pode ser adaptado para os vários tipos de problemas de localização e roteamento existentes. Esta adaptação não é trivial e envolve várias modificações nos enfoques propostos. Os executáveis dos algoritmos de localização e roteamento podem ser aproveitados para serem inseridos em SIG. Para isto, basta construir uma interface para estes executáveis ou ainda, incorporar o código destes algoritmos, como foi o caso do Spring ([www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring), acesso em 15 de março de 2005). A interface destes algoritmos com o Arc View ([www.esri.com](http://www.esri.com), acesso em 15 de março de 2005), por exemplo, foi feita usando linguagem nativa Avenue.

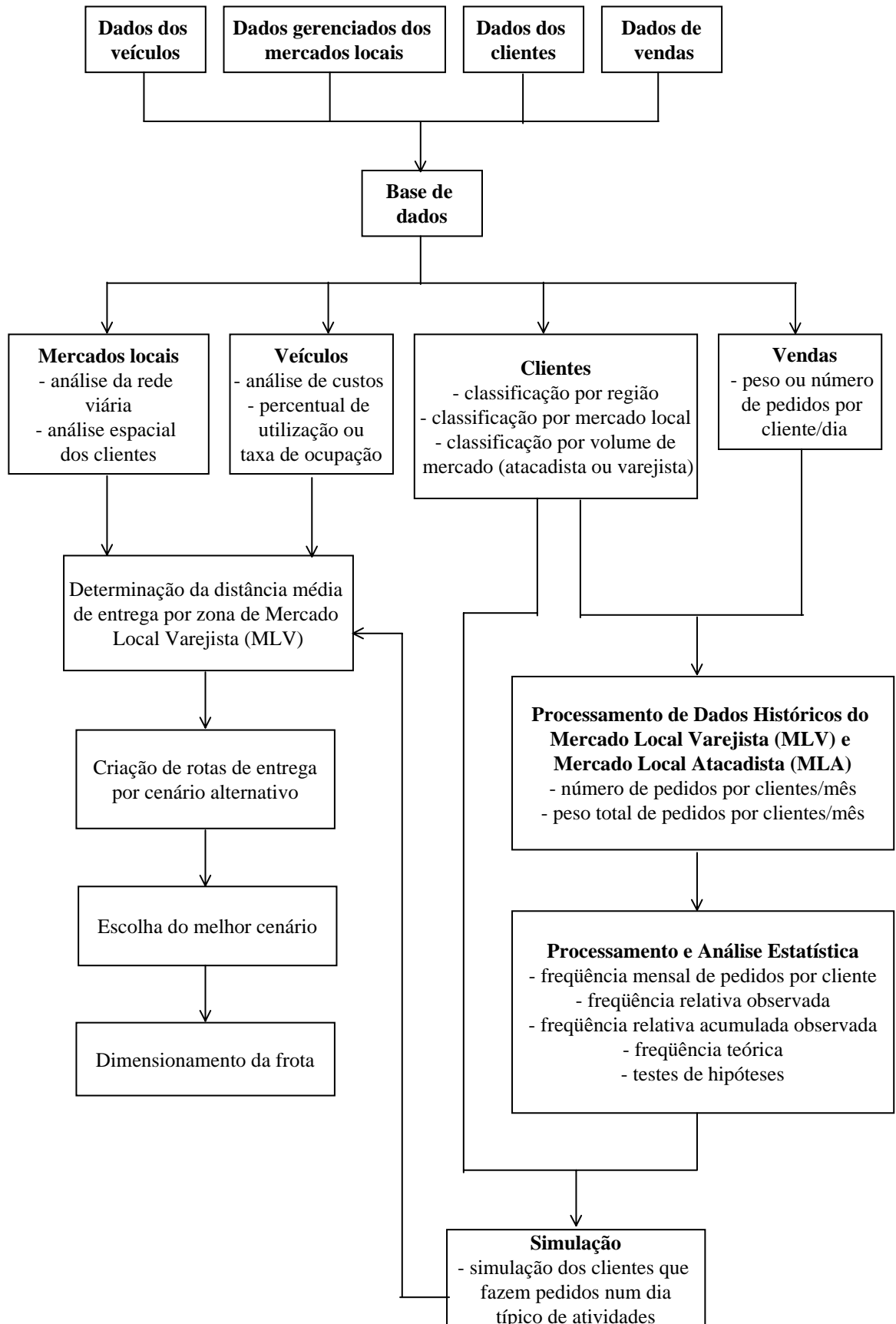
Martins *et al* (2001), apresentaram uma metodologia para o desenvolvimento de um sistema que aliou às características do SIG (ArcView 3.1), através de sua extensão para a análise de redes (Network Analyst), de modo a fornecer aos gerentes e gestores do sistema de transporte uma ferramenta técnica para a tomada de decisões. Para isso, foi utilizada uma metodologia que permitiu o dimensionamento e escolha da frota a partir dos dados históricos da empresa relativos aos clientes e às entregas a eles efetuadas. O principal resultado do trabalho foi um sistema de planejamento e estratégia operacional da frota para um dia típico de atividades utilizando um programa de simulação escrito em *Microsoft Excel* e integrado a um Sistema de Informações Geográficas da área de estudo.

O modelo apresentado foi composto por quatro diferentes bancos de dados inter-relacionados e de duas heurísticas que formaram a estrutura de operações e de análises que

permite à gerência executar planos estratégicos de dimensionamento da frota a curto e médio prazo.

As etapas que formaram o modelo são representadas pela figura 5 a seguir:

**Figura 5:** Estrutura básica do sistema de informação logística para a tomada de decisões



Fonte: Martins *et al.*, 2001.

Gameiro & Caixeta Filho (2004) propuseram um modelo simplificado de logística para a maximização da receita de uma cooperativa orizícola. Foram levados em consideração os custos envolvidos nos processos de produção, beneficiamento, armazenagem, transporte e distribuição, bem como os preços recebidos pelo produto. Tal modelo, baseado na teoria de Programação Linear, é aplicado a um exemplo, para a verificação de sua eficiência. Simulações conduzidas através de dois softwares distintos mostraram que o modelo pode ter utilidade no que se refere a uma indicação geral da conduta estratégica a ser seguida pelos tomadores de decisão. Porém, algumas características intrínsecas à Programação Linear e ao próprio processo como um todo, dificultam a construção de um cenário plenamente condizente com a realidade do mercado.

A equação de lucro, a ser maximizada, teve como variáveis as quantidades (em toneladas) que devem seguir a alguns dos destinos propostos. A informação básica para tal foi o lucro unitário obtido por tonelada do arroz que seguirá àqueles destinos.

Estudos de Novaes *et al* (1993), baseados em um conjunto de pontos de demanda e um conjunto de tipos de veículos, de forma a se avaliar o Problema de Dimensionamento e Roteirização de uma Frota Heterogênea referiu-se ao problema de compor e roteirizar uma frota de veículos, levando em consideração os custos fixos e variáveis, bem como restrições de capacidade, de tal forma que os custos de distribuição sejam minimizados. As heurísticas propostas baseiam-se em combinações de rotas obtidas a partir da solução de sucessivos problemas de designação. Nesse trabalho, o problema de designação foi modelado como um Problema de Circulação com Custo Mínimo e solucionado através do algoritmo Out-of-Kilter. As heurísticas implementadas foram analisadas e comparadas para diferentes instâncias de problemas.

Steiner *et al* (2000), abordaram o problema de roteamento no transporte escolar e descreveram algumas técnicas da Pesquisa Operacional que podem ser utilizadas para solucioná-lo. O problema considera além das distâncias a serem percorridas por  $m$  veículos, a disponibilidade e capacidades destes e, além disso, as demandas em cada um dos  $n$  pontos de demanda. A implementação a um problema real é estudada e os resultados analisados. Foi adotada uma metodologia, neste trabalho, que consta basicamente das seguintes etapas: fez-se a localização dos pontos de demanda em um mapa digitalizado de maneira exata: não apenas considerando rua, bairro, mas também a quadra e o lado da quadra (direito ou esquerdo). Com isto, obtiveram-se as coordenadas geográficas de cada ponto de demanda; obtiveram-se, em

seguida, as sementes que fazem o “papel” dos depósitos (fictícios) dos algoritmos abordados para a formação de *clusters* de atendimento de acordo com a quantidade de veículos; obtiveram-se os *clusters* para cada uma das sementes; formaram-se as rotas envolvendo os pontos de demanda de cada *cluster*; e, finalmente, fizeram-se melhorias nestas rotas.

Segundo Lorena *et al* (2004) o problema das  $p$ -medianas é um problema clássico de localização de facilidades e consistem em localizar  $p$  facilidades (medianas) em uma rede de modo a minimizar a soma total das distâncias de cada nó de demanda à sua mediana mais próxima. As primeiras formulações do problema foram apresentadas por Hankimi (1964). O problema é bem conhecido como sendo NP-completo. Vários métodos heurísticos e métodos que exploram uma busca em árvore têm sido desenvolvidos para o problema das  $p$ -medianas (Teitz and Bart, 1968), (Christofides, 1982). O uso combinado de técnicas de relaxação lagrangeana e otimização por subgradientes de um ponto de vista primal-dual tem se mostrado como um bom enfoque para a solução do problema (Galvão *et al*, 2003).

Ainda segundo estes autores modelos de localização de facilidades têm sido propostos, há algum tempo, como ferramentas de auxílio à decisão, principalmente quando uma base de dados geograficamente referenciada pode ser usada. Nestes casos, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são muito importantes na coleta e análise desses dados. Sistemas de Informações Geográficas integram uma sofisticada interface gráfica a uma base de dados geo-referenciados. São poderosas ferramentas de análise e planejamento espacial. Problemas complexos de localização de facilidades podem ser tratados com SIGs, levando-se em conta várias informações espaciais e, também, sócio-econômicas. O uso de SIGs para resolver problemas de localização ainda não está totalmente difundido na comunidade científica internacional. Mas, levando-se em conta a capacidade de armazenar, exibir e manipular dados espacialmente distribuídos, a integração de algoritmos de localização aos SIGs foi iniciada há alguns anos.



### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 HISTÓRICO DA CAMPAGRO**

A Campagro Insumos Agrícolas Ltda foi fundada em 08 de fevereiro de 1995, na cidade de Campo Mourão, pelos sócios Gilberto Muniz Simon, João Carlos Fiorese, Gerson Salvadori, José Carlos Staniszewski e Pedro Luiz Staniszewski e iniciou suas atividades mais precisamente no dia 01 de março de 1995.

Trata-se de uma empresa constituída por cotas de responsabilidade limitada, tendo atualmente o seu capital social distribuídos igualmente entre quatro sócios.

A sua matriz está localizada na cidade de Campo Mourão, onde localizam-se a Administração Central, uma loja de insumos agrícolas e também uma unidade de recebimento, beneficiamento e padronização de produtos agrícolas, tais como soja, milho, trigo, dentre outros.

A empresa tem uma forte atuação na região noroeste do Estado do Paraná, sendo que nas cidades de Engenheiro Beltrão, Fênix, Ivaiporã, Pitanga e Mamborê, possui além de loja de insumos agrícolas, instalações para recebimento, beneficiamento e padronização de produtos agrícolas. Já nas cidades de São João do Ivaí, Roncador, Boa Esperança e Juranda, conta com instalações de loja de insumos.

Trata-se de uma empresa de médio porte, com faturamento anual na ordem de R\$ 100.000.000,00 (cem milhões de reais).

Tem como ramo de atividade atual o comércio, importação e exportação de insumos agrícolas, produtos químicos para agricultura, máquinas e implementos agrícolas, cereais e produtos veterinários, prestação de serviços fitossanitários e representação comercial por conta própria e de terceiros, sendo representante exclusiva na região em que atua da multinacional americana DowAgrosciences.

A empresa nasceu da identificação da boa oportunidade de negócios oferecida pela região no ramo em que atua e através da prestação de serviços com qualidade e honestidade,

objetivando a satisfação total de seus clientes, a empresa obteve sucesso e um bom desempenho, fazendo com que viesse a expandir sua estrutura, instalando filiais em diversas cidades da região noroeste do estado.

### **3.1.1 Evolução da Empresa**

Transcorrido exatamente um ano de atividade, ou mais precisamente no ano de 1996, a empresa já experimentava um crescimento considerável, sendo que só no transcorrer deste ano foram criadas três lojas de insumos, sendo uma na cidade de Mamborê, a qual iniciou suas atividades em abril, outra na cidade de Fênix, tendo iniciado suas atividades em junho e uma terceira na cidade de Ivaiporã, que iniciou suas atividades em setembro.

Ainda no ano de 1996, mais precisamente no mês de junho com entrada em atividade de uma unidade em Mamborê, a Campagro passava a atuar no ramo de recebimento, beneficiamento e padronização de produtos agrícolas.

O ano de 1997 não foi diferente e neste ano a Campagro inaugurava mais duas lojas de insumos, sendo uma na cidade de Boa Esperança e outra na cidade de Roncador, as quais iniciaram suas atividades no mês de março.

Paralelamente a essas duas novas lojas, a Campagro inaugurava também no ano de 1997, mais uma unidade de recebimento, beneficiamento e padronização de produtos agrícolas, desta vez na cidade de Ivaiporã, cidade esta onde já contava com uma loja de insumos.

Entre os anos de 1998 a 2000 a Campagro não investiu em novas unidades, procurando ampliar e melhorar as que já estavam em atividade e desta forma objetivando atender cada vez com mais qualidade o grande número de clientes que já havia conquistado.

No ano de 2001 a Campagro inaugurava mais uma loja de insumos, desta vez na cidade de Juranda.

Em 2002 era inaugurada uma moderna unidade de recebimento, beneficiamento e padronização de produtos agrícolas na cidade de Campo Mourão, onde atualmente também se encontra toda a estrutura de armazenagem e distribuição de defensivos agrícolas.

Procurando cada vez ampliar mais a sua área de atuação, a Campagro inaugurava no ano de 2003 as suas Unidades de Engenheiro Beltrão e Pitanga, ambas contando com modernas instalações de Loja de Insumos, bem como instalações para recebimento, beneficiamento e padronização de produtos agrícolas.

Neste ano também era criada a Unidade de São João do Ivaí, contando com uma loja de insumos.

### **3.1.2 Missão da Empresa**

A empresa tem como missão:

*“Prestação de serviços com qualidade e honestidade, objetivando a satisfação total do cliente e contribuindo para o desenvolvimento da agricultura”.*

### **3.1.3 Estrutura Organizacional**

A empresa tem sua estrutura organizacional pautada no planejamento estratégico, tático e operacional.

Para a implementação do planejamento estratégico, a empresa conta em sua estrutura organizacional com o Conselho de Administração, o qual é constituído pelos seus quatro sócios, ao qual compete traçar bem como planejar as políticas e estratégias para a mesma.

Subordinado ao Conselho de Administração, tendo como missão implementar e executar as políticas traçadas, a empresa possui em sua estrutura a Diretoria Executiva, tendo como Diretor Executivo um de seus sócios diretores.

No que diz respeito ao planejamento tático, a empresa conta com diversas áreas, as quais tem o objetivo de alcançar resultados, nas quais pode-se citar as seguintes: administrativa, financeira, operacional, vendas e filiais.

No planejamento operacional, a quem cabe a missão de supervisão, a empresa conta com diversos departamentos e por conseguinte também com diversos setores e que são os seguintes:

As atividades administrativas da empresa estão distribuídas e englobadas pelo Departamento de Contabilidade, bem como os setores de Recursos Humanos, Patrimônio, Manutenção, Processamento de Dados e Organização e Métodos, os quais estão afetos à Área Administrativa.

As atividades financeiras estão distribuídas e englobadas pelo Departamento de Contas a Pagar e Receber, Departamento de Crédito e Cobrança e Departamento de Faturamento, os quais se encontram subordinados por sua vez à Área Financeira.

As atividades de vendas de insumos são efetuadas através de vendedores, os quais não estão estruturados em departamentos ou setores, respondendo cada qual diretamente ao encarregado da Área de Vendas.

As atividades de recebimento, armazenamento e padronização de produtos agrícolas, afetas à Área Operacional, estão distribuídas informalmente de acordo com suas atividades, tais como classificação, controles administrativos, armazenista e serviços gerais.

A empresa conta também em sua estrutura com diversas atividades em suas filiais, principalmente as de cunho administrativo/financeiro, vendas e operacional, as quais estão subordinadas hierarquicamente ao Encarregado de Filial e funcionalmente às demais Áreas, tais como Administrativa, Financeira, Vendas e Operacional.

Existe também na estrutura da empresa, como órgãos de “staff” as Assessorias de Comercialização, Jurídica e de Compras.

### **3.1.4 Principais Produtos da Empresa**

Os principais produtos comercializados pela empresa são os da linha de defensivos agrícolas, tais como herbicidas, fungicidas para diversas culturas, bem como de produtos para pastagens.

A empresa também comercializa implementos agrícolas, principalmente da empresa Planti Center.

### **3.1.5 A Importância da Campagro para os Municípios onde Atua**

A grande importância da Campagro, para os municípios onde a mesma atua, é sem sombra de dúvida colocar-se como mais uma opção aos agricultores, procurando apresentar as melhores soluções para o empreendimento de nossos parceiros, atuando ao seu lado desde o plantio até a comercialização da produção.

A empresa também é uma geradora de empregos, diretos e indiretos e conseqüentemente geradora de renda para os munícipes das cidades onde atua.

Na questão ambiental, a Campagro obedece às normas da legislação, inculcando na mente de cada um, a importância da qualidade de vida e respeito ao meio ambiente.

Portanto, podemos dizer com toda a certeza, que a empresa contribui para o progresso de cada município.

### **3.1.6 Amplitude do Mercado**

Atuando em um mercado bastante competitivo, a Campagro busca cada vez mais ocupar seu espaço, atuando tanto no ramo de comercialização de insumos agrícolas como recebendo, armazenando e comercializando a produção de seus parceiros.

### 3.1.7 Fornecedores de Insumos e Serviços Industriais

A Campagro mantém grandes parcerias com as empresas que são líderes globais na fabricação de insumos e implementos, dentre as quais podemos destacar a Dow AgroSciences, empresa multinacional americana, da qual é representante exclusiva na região, Bunge, Milenia, Agrichem, Planti Center.

No que se refere a instalações industriais, uma das grandes fornecedoras da empresa é a Metalúrgica Pagé, que fabrica silos.

Além disso, muitas outras empresas locais fornecem diversos materiais de manutenção, inclusive para os veículos da empresa.

## 3.2 O PROBLEMA DE DIMENSIONAMENTO E ROTEIRIZAÇÃO DE UMA FROTA HETEROGÊNEA DE VEÍCULOS

O Problema de Dimensionamento e Roteirização de uma Frota Heterogênea de Veículos consiste em definir simultaneamente as rotas e a composição da frota que minimizem o custo total de atendimento de um conjunto de pontos, compreendendo tanto os custos proporcionais às distâncias percorridas pelos veículos quanto os custos fixos dos veículos utilizados. Busca-se determinar qual a configuração ideal de veículos, em termos de tamanhos e frotas, bem como o roteiro de cada veículo, de forma a minimizar o custo total.

Conforme mencionado anteriormente, há um *trade-off* entre utilizar mais veículos de menor capacidade (maior custo fixo da frota alocada), percorrendo uma distância total menor (menor custo variável) ou menos veículos de maior capacidade, percorrendo uma distância total maior.

Na tradicional heurística de economias proposta por Clarke e Wright (1964), pontos vão sendo agrupados, formando roteiros, de forma seqüencial, seguindo uma ordem decrescente de economias ( $s_{ij}$ ) decorrentes da sua união, calculadas a partir da seguinte expressão:

$$s_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$$

onde  $d_{0i}$  e  $d_{0j}$  representam a distância da base aos pontos  $i$  e  $j$ , respectivamente, e  $d_{ij}$  a distância entre eles. A título de ilustração da deficiência da heurística de economias para problemas com frota heterogênea, considere-se um problema simples, envolvendo apenas quatro pontos a serem roteirizados e veículos de dois tamanhos, conforme indicado na figura 8. As economias ordenadas, calculadas segundo a heurística proposta por Clarke e Wright (1964), são apresentadas no quadro 1.

**Quadro 1:** Economias ordenadas em ordem crescente

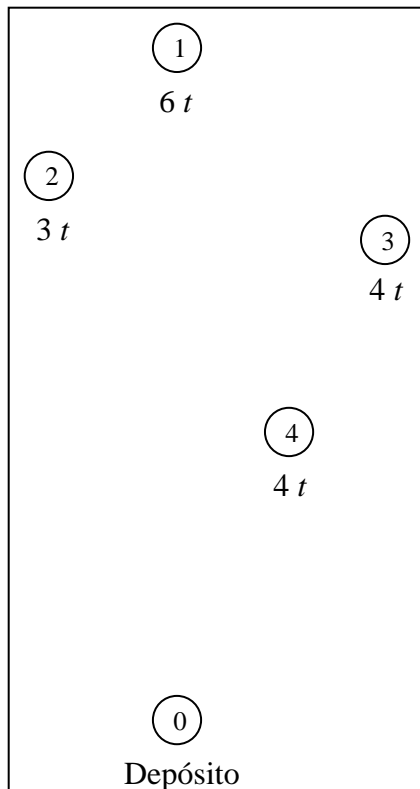
<i>I</i>	<i>J</i>	$d_{ij}$	$d_{0i}$	$d_{0j}$	economia ( $s_{ij}$ )
1	2	2,8	12,0	10,2	19,4
1	3	4,2	12,0	9,5	17,2
2	3	5,1	10,2	9,5	14,6
3	4	3,2	9,5	6,3	12,6
1	4	6,3	12,0	6,3	12,0
2	4	5,7	10,2	6,3	10,9

Fonte: Clarke e Wright, 1964.

Unindo-se os pontos de acordo com a heurística das economias obtêm-se dois roteiros que utilizam dois veículos grandes, conforme indicado no quadro 2a.

A solução ótima para este exemplo, que corresponde ao custo total mínimo, é apresentada no quadro 2b. Este custo considera tanto os custos variáveis com as distâncias quanto os custos fixos dos veículos. Observa-se que, embora a heurística de economias produza uma solução de menor distância total percorrida (44 km contra 48,4 km), o custo total é maior, uma vez o agrupamento resultante requer dois veículos grandes (de 12 t), com ociosidade de capacidade, uma vez que o total de carga a ser transportada é de 17 t. Já na solução de mínimo custo é possível utilizar um veículo médio e um grande, com melhor aproveitamento da capacidade dos mesmos.

Figura 6: Dados do exemplo



Ponto	Demanda (t)	X	Y
0	-	9	15
1	6,0	9	27
2	3,0	7	25
3	4,0	12	24
4	4,0	11	21

Veículo	Capacidade (t)	Custo fixo (\$/dia)	Custo variável (\$/dia)
Médio	6,0	64,00	0,32
Grande	12,0	100,00	0,41

Quadro 2a: Dados do exemplo

Rota	Veículo	Seqüência	Distância	Custo
1	12 t	0-2-1-0	25,0	110,25
2	12 t	0-4-3-0	19,0	107,79
total			<b>44,00</b>	<b>218,04</b>

Quadro 2b: Solução ótima

Rota	Veículo	Seqüência	Distância	Custo
1	12 t	0-4-3-2-0	24,8	110,17
2	6 t	0-1-0	24,0	71,68
total			<b>48,80</b>	<b>181,85</b>

Nesse sentido, Golden *et al* (1984) propuseram heurísticas para o problema de dimensionamento e roteirização de uma frota heterogênea a partir de um depósito central, que se baseiam em generalizações da heurística de economias, conforme indicado no quadro 3. Os autores também apresentaram heurísticas baseadas no roteiro gigante, com particionamentos simples e múltiplo.



**Quadro 3:** Heurísticas de economia propostas por Golden *et al* (1984)

Algoritmo	Fórmula
Clarke e Wright (CW)	$s^1_{ij} = c_{i0} + c_{j0} - c_{ij}$
Economias combinadas (CS <sup>1</sup> )	$s^2_{ij} = s^1_{ij} + F(Z_i) + F(Z_j) - F(Z_i + Z_j)$
Economias de oportunidade otimista (OOS <sup>2</sup> )	$s^3_{ij} = s^2_{ij} + F(P(Z_i + Z_j) - Z_i - Z_j)$
Economias de oportunidade realista (ROS <sup>3</sup> )	se $P(Z_i + Z_j) > \max(P(Z_i), P(Z_j))$ então $s^4_{ij} = s^3_{ij} + F(P(Z_i + Z_j) - Z_i - Z_j)$ caso contrário, $s^4_{ij} = s^3_{ij}$
Economias de oportunidade realista com parâmetro de forma $\gamma$ (ROS- $\gamma$ )	$s^5_{ij} = s^4_{ij} + (1 - \gamma)c_{ij}$

Fonte: Golden *et al*, 1984.

Nas expressões do quadro 3 as distâncias  $d_{ij}$  entre dois pontos quaisquer são substituídas pelos custos variáveis  $c_{ij}$ , resultantes da multiplicação das distâncias por um custo variável unitário que, para Golden *et al* (1984), não variam segundo o tipo ou tamanho do veículo.

Adicionalmente, a função  $F(z)$  determina o custo fixo do menor veículo capaz de atender a demanda  $z$ . Assim, para o exemplo da figura 8,  $F(5 t) = \$ 64,00$ , já que o menor veículo capaz de atender uma demanda de 5 t é o veículo médio; analogamente  $F(8 t) = \$ 100,00$ , correspondendo ao custo fixo do veículo grande.

Já a função  $P(z)$  define a capacidade do menor veículo capaz de atender a demanda  $z$ ; assim  $P(5 t) = 6 t$ , uma vez que o menor veículo que pode atender a demanda de 5 t é o veículo médio, com capacidade 6 t; da mesma forma  $P(8 t) = 12 t$ .

Segundo Golden *et al* (1984), uma das principais deficiências dos algoritmos de economias é o fato de que, quando um nó é inserido numa rota, ele permanecerá nela até o final da solução. Assim, a heurística de economias de oportunidade realista com parâmetro de forma (ROS- $\gamma$ ) permite variar a economia gerada pela combinação de duas rotas, em função do parâmetro de forma  $\gamma$ .

<sup>1</sup>CS: do inglês *Combined Savings*.

<sup>2</sup>OOS: do inglês *Optimistic Opportunity Savings*.

<sup>3</sup>ROS: do inglês *Realistic Opportunity Savings*.

Marques (2003) apresentou métodos de solução para o problema de dimensionamento e roteirização baseados em particionamento múltiplo do roteiro gigante proposto por Golden *et al* (1984). Propôs também procedimentos de alocação de frotas baseado em inserção seqüencial e melhorias de soluções baseado no método de melhorias 2-ótimo (2-opt).

Steiner *et al* (2000) apresentaram um método de solução que é baseado nas heurísticas de economias para frotas heterogêneas propostas por Golden *et al* (1984). Porém, ao invés de unir os pontos seqüencialmente, em ordem decrescente de economias, os autores propuseram resolver um problema de designação em grafo bipartido, considerando-se todas as possibilidades de combinação de pontos e roteiros. A idéia é encontrar a solução do problema de designação que maximize a economia total, dada pela soma das economias das rotas unidas.

### 3.3 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

#### 3.3.1 Introdução

Conforme mencionado no segundo capítulo, os problemas de localização de facilidades têm como objetivo, a localização de facilidades ao longo de um sistema viário definido por um grafo, e estão divididos em 2 subproblemas conhecidos na literatura como, problema dos centros e problema das medianas.

Para dimensionar serviços de facilidades ao longo de um sistema viário é necessária a obtenção de caminhos mínimos entre os nós da rede e a localização adequada ao serviço. Para obtenção da solução de problemas desta natureza, os algoritmos mais utilizados são descritos a seguir.

### 3.3.2 Algoritmos de Busca de Caminhos Mínimos em Grafos

Existem diversos algoritmos disponíveis na literatura para obtenção de caminhos mínimos entre pares de nós de um grafo, entre os quais pode-se destacar, o algoritmo de Dijkstra e o algoritmo de Floyd, apresentados nas seções subseqüentes.

#### 3.3.2.1 Algoritmo de Dijkstra

O algoritmo de Dijkstra foi desenvolvido originalmente para grafos finitos com custos não-negativos, podendo ser transformado para trabalhar com custos negativos, caso em que diminui sua eficiência.

O algoritmo consiste em expandir nós (gerar seus sucessores) começando pelo nó inicial, selecionando sempre aqueles ainda não escolhidos e que tiver o menor custo acumulado desde a origem.

Este algoritmo termina ao se atingir um nó terminal ou quando não existir nós para serem expandidos. Nesta última hipótese o algoritmo fracassa (Colvara citado por Novaes, 1993).

#### 3.3.2.2 Algoritmos de Floyd

Usado para implementar o modelo matemático desse estudo, este algoritmo está baseado na modificação iterativa de matrizes formadas a partir da matriz de custo associada a um grafo, na qual se indicam custos infinitos para os arcos inexistentes e custo zero para os laços. Cada matriz gerada possui custos menores ou no máximo iguais aos seus correspondentes anteriores. Sendo assim, o algoritmo pesquisa novos caminhos, comparando-os com os já analisados.

Descrição do Algoritmo de Floyd

**Passo 1:** Inicialização. Faça  $k = 0$ , monte as matrizes  $C_0 = [c_{0ij}]$  e  $Teta = [Teta_{ij}]$ .

**Passo 2:** Faça  $k = k_1$ .

**Passo 3:** Para todo  $i$  diferente de  $k$  tal que  $c_{k-1ij}$  é diferente de infinito e  $j$  diferente de  $k$  tal que  $c_{k-1ij}$  é diferente de infinito ao realize a operação:  $c_{kij} = \min \{c_{k-1ij}, (c_{k-1ij})\}$  e  $Teta_{ij} = Teta_{kj}$ , se  $(c_{k-1ij}c_{k-1ij}) < c_{k-1ij}$  ou  $Teta_{ij}$ , se  $(c_{k-1ij}c_{k-1ij}) > = c_{k-1ij}$ .

**Passo 4:** Se  $k = n$  pare. Em caso contrário, volte ao passo 2.

Este algoritmo é de fácil implementação e apresenta uma maior eficiência em relação ao Algoritmo de Dijkstra, principalmente para os casos em que a distância mínima entre todos os pares de vértices é necessária, razão pela qual utilizou-se o mesmo no desenvolvimento do trabalho.

### 3.3.3 O Modelo Matemático de Programação Linear Binária

A programação linear (PL) é uma das técnicas de otimização mais importantes e mais utilizadas da pesquisa operacional (Zionts, 1974). Esta técnica pode resolver problemas gerenciais complexos, tais como problemas encontrados pelas forças armadas, indústria e agricultura (Dantzig, 1963).

Um modelo de programação linear é um modelo matemático desenvolvido para determinar os valores de um conjunto de variáveis (contínuas), visando minimizar (ou maximizar) uma função linear (função objetivo) enquanto satisfaz um sistema de restrições lineares (Salkin, 1975).

O primeiro método prático para determinar a solução ótima dos modelos de programação linear, o algoritmo simplex, foi apresentado, em 1947, por George B. Dantzig. Outras variações do método simplex, como o dual simplex, foram propostas para reduzir o número de iterações e o custo computacional na programação linear (Dantzig, 1963).

Alguns problemas de decisão trabalham com variáveis que devem possuir valores inteiros. Por exemplo, não é possível construir 1,37 escolas ou produzir 11,74 aeronaves. Dessa forma, os modelos de programação linear onde todas as variáveis devem possuir valores inteiros são denominados modelos de programação linear inteira (PLI) e os modelos de programação linear com variáveis inteiras e variáveis contínuas são denominados modelos de programação linear inteira mista (PLIM). Os problemas de PLI que possuem as variáveis inteiras restritas aos valores 0 ou 1 (que é o caso do modelo matemático utilizado na realização desse estudo) são conhecidos por problemas de programação linear inteira 0-1 (Salkin, 1975).

Os métodos para resolver os problemas de programação linear inteira podem ser classificados em três categorias: algoritmos de corte, métodos enumerativos (*branch-and-bound* e enumeração implícita) e algoritmos construtivos (Zionts, 1974).

O algoritmo *branch-and-bound*, inicialmente apresentado por Land e Doig (1960) citados por Arce (2000), é atualmente a técnica mais utilizada para encontrar a solução ótima em problemas de PLI e PLIM.

Segundo Zionts (1974, p. 416), o algoritmo de *branch-and-bound* pode ser apresentado da seguinte forma:

- 1) resolve-se o problema de programação linear inteira (mista) como se fosse um problema de programação linear, ou seja, ignora-se as condições de variáveis inteiras;
- 2) verifica-se se a solução encontrada satisfaz as condições de variáveis inteiras. Se satisfazer, parar, pois a solução encontrada é ótima. Caso contrário, continuar;
- 3) escolhe-se uma variável inteira  $x_k$  cujo valor da solução  $j_k$  não é inteiro;
- 4) resolve-se dois problemas, cada um com uma das seguintes restrições:
  - a variável deve ser menor ou igual ao valor inferior:  $x_k \leq \lfloor y_k \rfloor$
  - a variável deve ser maior ou igual ao valor superior:  $x_k \geq \lfloor y_k \rfloor + 1$

Exclui-se das avaliações futuras as soluções infactíveis;

- 5) armazena-se em uma lista as novas soluções que forem melhores do que as soluções inteiras encontradas até o momento;
- 6) seleciona-se na lista a melhor solução. Se a lista estiver vazia, encerra-se o algoritmo, pois não há solução factível para o problema. Caso contrário, retorna-se ao passo 2.

O algoritmo *branch-and-bound* também pode ser utilizado para encontrar soluções próximas da ótima e, além disso, fornecer um limite máximo na diferença (valor de tolerância) entre o valor da função objetivo da melhor solução factível inteira e o valor da função objetivo da solução ótima. Com isto, o algoritmo pode ser programado para parar quando o valor de tolerância atingir algum nível aceitável, com 1% ou 2% (Novaes, 1993).

### 3.4 SISTEMA LOGÍSTICO

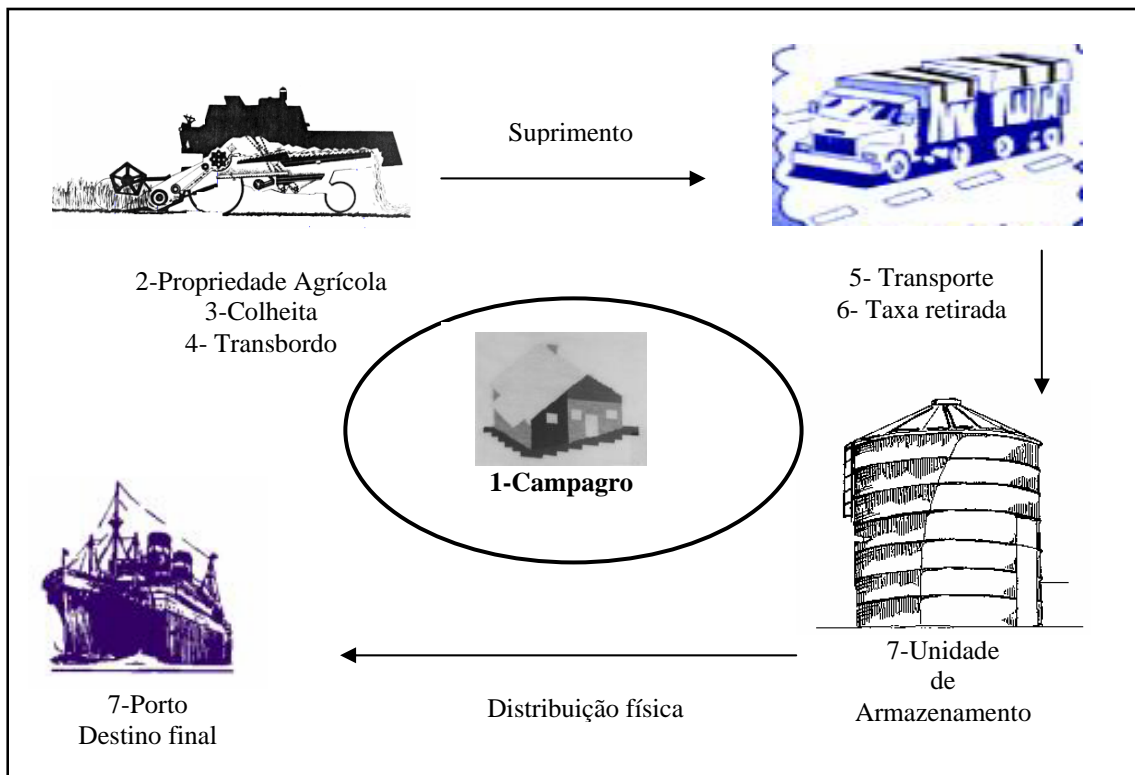
Os bens e serviços produzidos por uma empresa são adquiridos através de bens e serviços de um mercado a montante e poderão passar por processamentos ou apenas seguir por um canal de distribuição até o consumidor final. A cada transformação que o produto sofre (física, temporal ou espacial), é agregado um valor ao produto para melhor atender seu cliente. Esse valor é agregado durante a transferência de propriedade entre agentes que entre si estabelecem uma relação de troca desses bens e serviços.

Segundo Carvalho *et al* (2002), a logística é responsável pela movimentação geral dos produtos, que pode acontecer em três áreas: suprimento, apoio à produção e distribuição física, enfrentando problemas de tempo, custo, comunicação, movimentação e transporte de materiais e produtos.

A logística tem como meta estratégica a melhoria na movimentação e armazenagem de materiais e produtos, através da integração das operações necessárias entre as áreas de suprimento, produção e distribuição física.

Como sistema logístico definiu-se, nesse estudo, o conjunto de operações, de procedimentos e de eventos necessários á retirada e ao transporte da safra, das propriedades agrícolas onde foi realizada a colheita dos grãos até o local de recepção da produção (unidades de armazenamento de grãos).

**Figura 7:** Problematização inicial



Fonte: O Autor, 2005.

Embora represente uma análise igualmente importante, a logística envolvida no transporte dos grãos em um escopo externo á unidade armazenadora de grãos, tal como aquela aplicada na distribuição física dos produtos aos canais de escoamento e aos centros de consumo não foi abordada. O problema inicial de fundamento das análises efetuadas é apresentado pela figura 7.

Segundo a abordagem empregada, a sede da Campagro (1) é que dita a taxa de produção a ser retirada das propriedades (2). A colheita (3) possui, como função, suprir a demanda ao longo da safra. O transbordo (4) e o transporte (5) operam em associação com a colheita, sob a mesma taxa de retirada (6). A produção precisa ser deslocada das propriedades á unidade de recepção da empresa (7) ou ao destino final (7) sem atraso. A distância e a capacidade da unidade de armazenamento tornam-se, dessa forma, parâmetros a serem considerados. As locações das propriedades agrícolas podem ter influência nas

necessidades de transporte. De modo semelhante, uma vez que os equipamentos operam em associação, o desempenho de uns pode afetar os dos outros.

Os conhecimentos inseridos na logística, enquanto abordagem gerencial, podem ser resumidos em: Serviço ao Cliente, Controle de Estoques, Armazenagem, Localização, Distribuição, Transportes, Uso de Tecnologias e Sistemas de Informação.

O canal de distribuição de produtos de uma cadeia de armazenamento constitui o local onde se dão os fluxos logísticos (físico e de informações) e as transações comerciais. O canal de distribuição abrange unidades internas e agentes externos à empresa, por onde um bem ou serviço é comercializado. Dessa forma, o canal de distribuição e todos os agentes e unidades nele inseridos são responsáveis pelo produto do início ao fim do processo, ou seja, do primeiro ao último proprietário. De acordo com a diferenciação do produto ou com o mercado a ser atendido, a cadeia de suprimentos pode conter vários canais de distribuição.

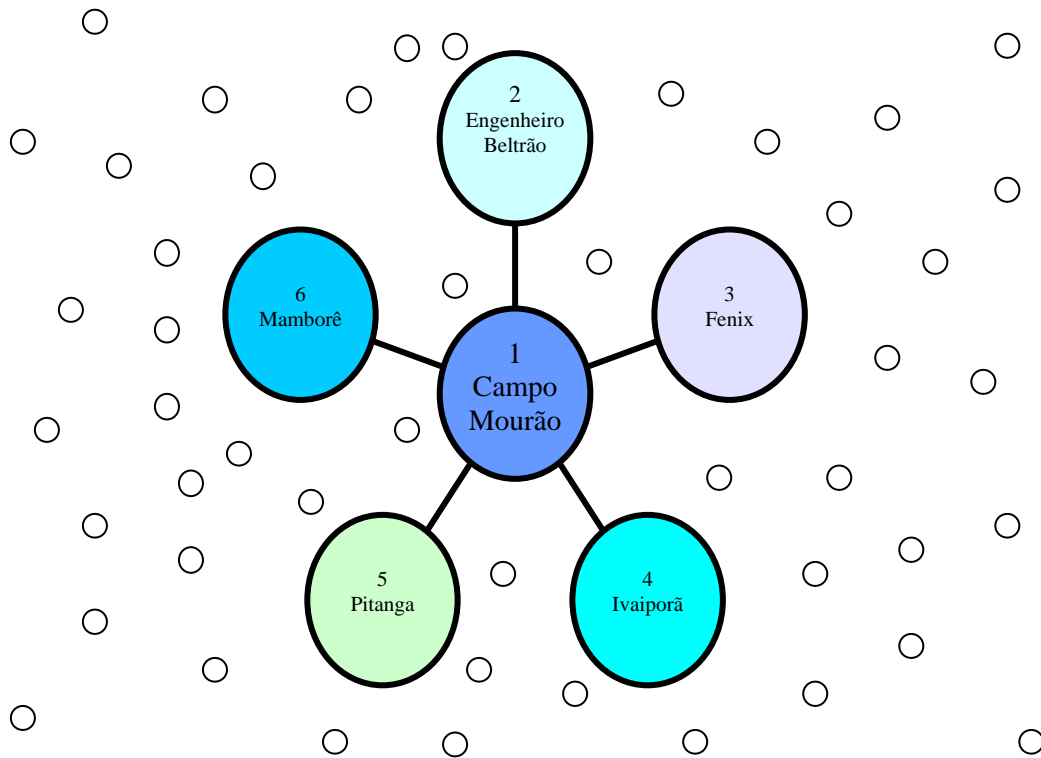
Na logística das unidades de armazenamento da Campagro são consideradas três áreas de desempenho: suprimento, apoio à produção e distribuição física.

Suprimento é o processo de obtenção de produtos e materiais de fornecedores externos à empresa, isto é, trata-se de um fluxo para a empresa e não a partir dela como ocorre na distribuição física (DF). A DF está voltada aos clientes externos e o sistema de suprimento é responsável pelo suporte interno à produção, montagem e a atividade de concentração. Em um sistema logístico busca-se sempre a integração das áreas de suprimento, apoio à produção e distribuição física.

Os fornecedores externos à empresa são produtores de soja e o processo de obtenção desta matéria prima ocorre através de negociações geradas em instalações dispersas geograficamente, mas que estão combinadas e interligadas de forma a todas deterem informações sobre as transações comerciais efetuadas. A Campagro possui 6 unidades armazenadoras de grãos as quais estão localizadas nos municípios de Campo Mourão (matriz), Engenheiro Beltrão, Fênix, Ivaiporã, Pitanga e Mamborê (figura 8). As transações comerciais são feitas a partir de negociações com produtores rurais localizados em geral no entorno dos municípios onde estão localizados os entrepostos contendo as unidades armazenadoras (figura 8).



**Figura 8:** Cadeia de suprimentos da Campagro envolvendo as unidades armazenadoras e as propriedades rurais no entorno



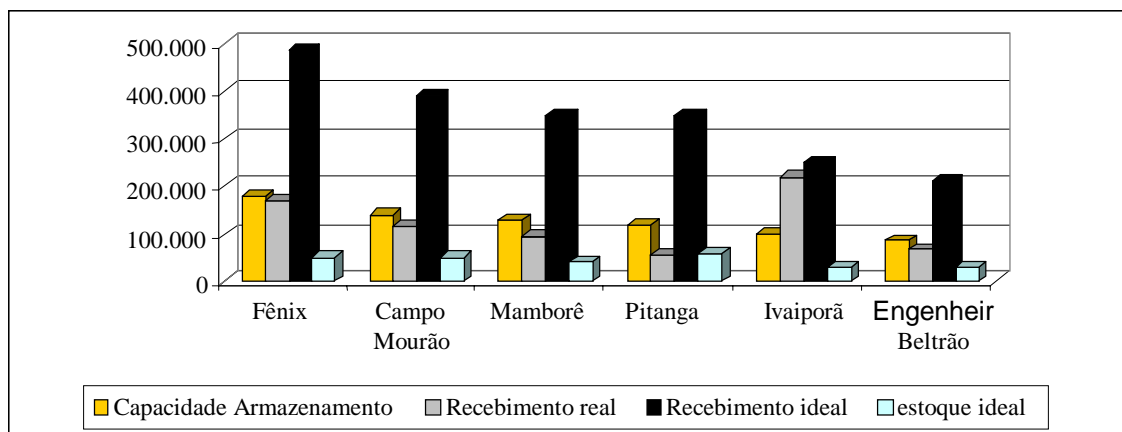
As atividades logísticas demandam uma gestão intra e inter-firmas. Os componentes logísticos que devem ser gerenciados, a fim de garantir a integração da cadeia são: (1) estrutura de instalações, (2) previsão de necessidades e gestão de pedidos, (3) transporte, (4) estoques e (5) armazenagem e manuseio de materiais. Os componentes que mais contribuem com os custos logísticos são: transporte (movimentação física dos produtos), manutenção de estoques (disponibilidade do produto de acordo com a demanda) e processamento de pedidos (definição do tempo de entrega suprimento dos produtos).

Esses componentes, quando combinados e coordenados, possibilitam uma integração dos objetivos operacionais da distribuição física, apoio à produção e suprimento. Para que isso aconteça, é necessária a cooperação das empresas pertencentes ao mesmo canal logístico, que se dá pelas negociações em que as condições da transação são estabelecidas (configuração do sistema logístico e responsabilidades). Cada empresa deve responsabilizar-se em diversas funções logísticas, atuando, mesmo que parcialmente, nos cinco componentes do sistema.

A capacidade de recebimento ideal das unidades de armazenamento da Campagro em sacas de soja em ordem decrescente são Fênix 180.000, Campo Mourão 140.000, Mamborê

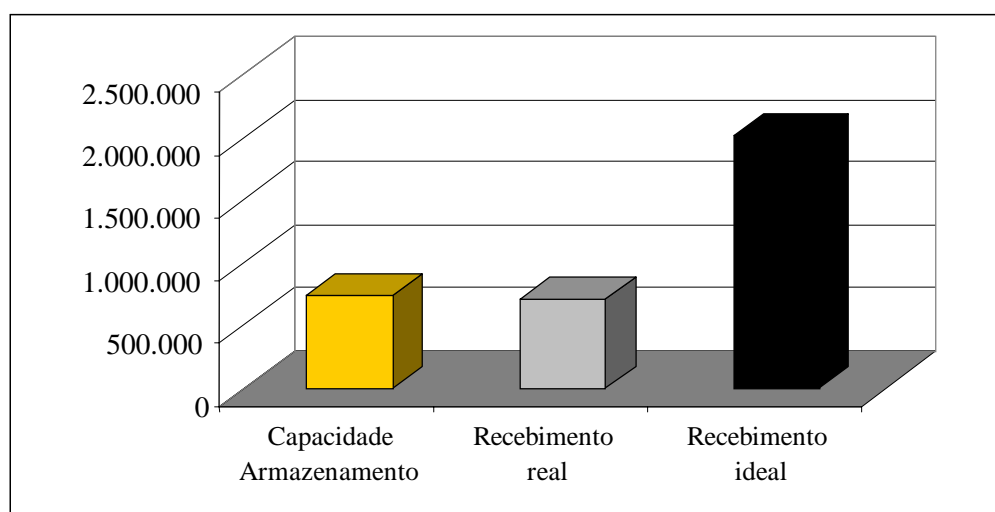
130.000, Pitanga 120.000, Ivaiporã 100.000 e Engenheiro Beltrão 85.000. A capacidade total de armazenamento é de 755.000 sacas de soja e o recebimento ideal de forma a obter uma margem de lucro ideal seria aquele de 2,5 a 3,0 vezes a capacidade de armazenamento (figura 11). O recebimento médio destes entrepostos foi Fênix 171.449, Campo Mourão 117.000, Mamborê 95.000, Pitanga 55.160, Ivaiporã 219.650 e Engenheiro Beltrão 66.092. Ressalta-se que o fluxo de recebimento da safra da soja tem seu pico máximo nos meses de março e abril como será visto mais à frente.

**Figura 9:** Capacidade de armazenamento, recebimento anual ideal e real e estoque ideal em sacas de soja das unidades de armazenamento da Campagro



Fonte: Campagro, 2005.

**Figura 10:** Comparação entre a capacidade de armazenamento anual o recebimento em sacas de soja real e o ideal (máximo)



Fonte: Campagro, 2005.

A figura 10 evidencia que a capacidade de armazenamento não é um fator limitante para a Campagro. Ressalta-se que as unidades de armazenamento de Engenheiro Beltrão e Pitanga foram abertas em 2004.

As transações comerciais se dão em instalações dispersas geograficamente, além disso, a rede de instalações representa vários lugares para os quais e pelos quais passam a matéria prima.

A definição da rede de instalações e de sua localização pode se tornar um diferencial competitivo, além de ser de fundamental importância para a eficiência logística, já que o arranjo geográfico e o tipo de instalações têm relação direta com o custo e a competência do serviço oferecido.

Tanto a previsão da necessidade quanto o processamento de pedidos são de extrema importância, porque são atividades gerenciais ligadas à comunicação logística. A primeira estabelece a previsão de vendas futuras e a segunda é a que inicia a distribuição física.

A integração entre as instalações, o transporte e a manutenção de estoques e o sistema de comunicação utilizado determinam a velocidade no fluxo de informações. O objetivo é balancear os diversos componentes logísticos, integrando as instalações, a transferência dos produtos e materiais e os estoques. Embora tenha um custo baixo, o processamento de pedidos tem grande influência na definição do tempo do ciclo de entrega. Os processamentos de pedidos são diferenciados pelo fato de serem, ou não, explícitos e pelo modo como são feitos (vendedor, fax, etc).

O estoque é o componente que possibilita que o sistema se adapte às variações das necessidades das operações de revenda ou produção. Isto é possível porque o estoque é um componente regulador entre as operações de transporte, produção, processamento e distribuição. O estoque ideal estabelecido pelo setor de gestão da Campagro gira em torno da razão de 1/3 da capacidade de armazenamento, com exceção do entreposto de Pitanga onde a quantidade deve ficar no patamar de 1/2 da capacidade de armazenamento devido ao fato da localização deste armazém ser mais próximo á rota de escoamento da soja pela rodovia Cascavel-Ponta Grossa.

O objetivo da gestão da armazenagem é administrar o espaço físico para a manutenção do estoque, porém existem alguns problemas associados, como: localização,

dimensionamento, arranjo físico, projeto de embarque/ desembarque etc. Dessa forma, o projeto de armazém está sujeito a arranjos alternativos, considerando os seguintes componentes logísticos: localização das instalações, previsão de necessidades e processamento de pedidos e manutenção de estoques. Cada arranjo possui um grau de eficácia e um limite de eficiência. Esses componentes viabilizam a integração no fluxo de produtos.

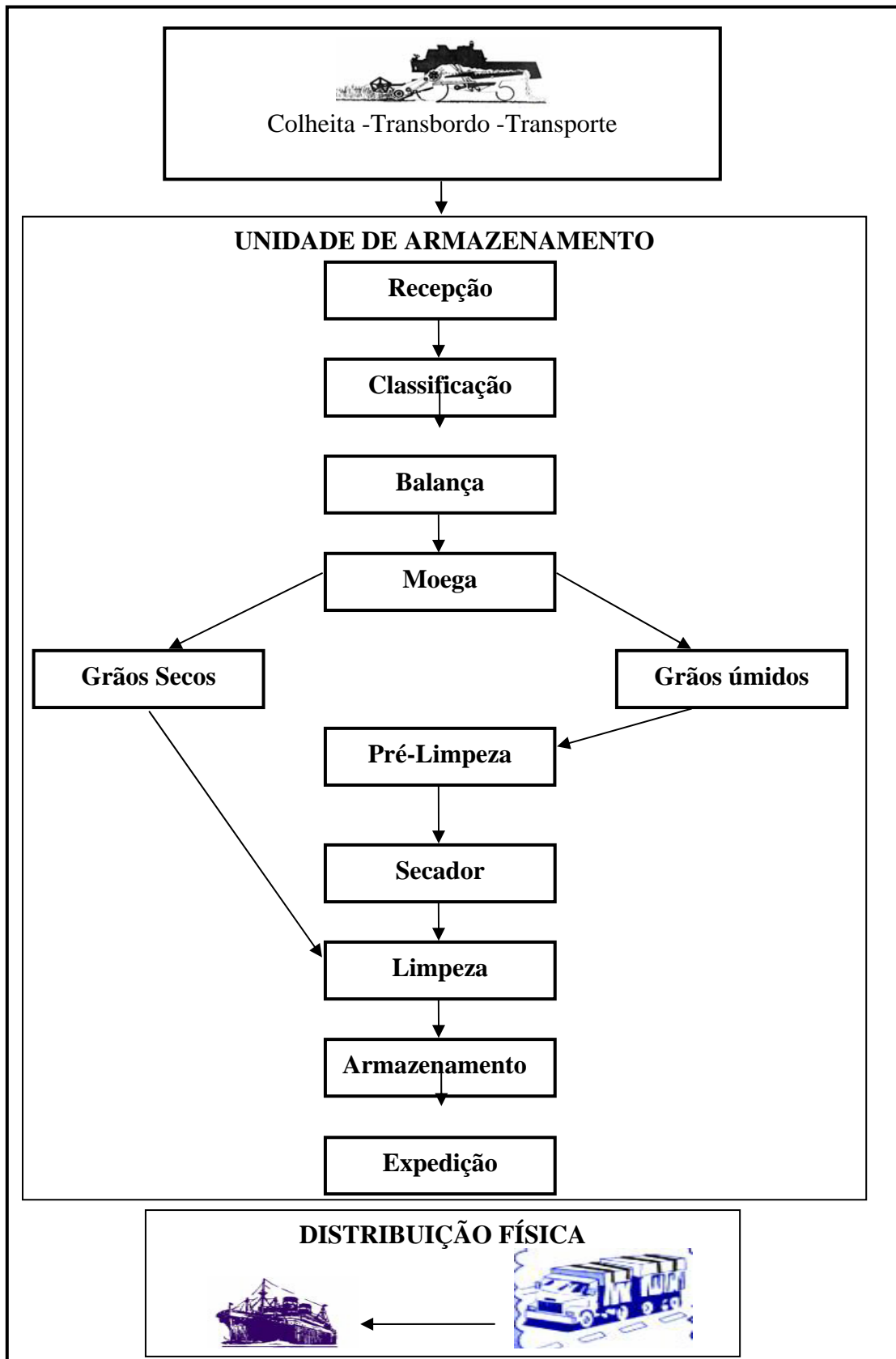
O gerenciamento do armazém está voltado aos interesses do mercado, já que é onde o produto está disponível e sua proximidade do cliente permite uma entrega mais rápida e melhor disponibilidade do produto para a venda. Além disso, os armazéns representam uma redução dos custos de transporte e de produção (consolidação da carga e economia de escala), coordenam oferta e demanda (sazonalidade) e são utilizados para a maturação do produto, quando necessário.

A previsão de demanda geralmente é feita através de um estudo que tem por base a região e grupos de produto/itens que definem a unidade de previsão. O resultado deverá ser confrontado com o histórico de compras e vendas e ambos possuem resultados baseados em métodos estatísticos e matemáticos. O resultado do confronto deve ser aprovado pelo *marketing* e pela gestão financeira, para só então se transformar em metas de compras e vendas.

O manuseio e a movimentação de materiais são atividades de grande importância, relacionadas ao arranjo físico interno, estrutura para armazenagem e os equipamentos de movimentação, que determinam sua eficiência. O manuseio é responsável por grande parte do custo logístico (custo operacional e investimento em equipamento), por isso é interessante reduzi-lo para que não se perca embalagens e nem as características do mesmo, o que eleva os custos.

O fluxograma do processo industrial da unidade de armazenamento evidenciando as diferentes operações unitárias pode ser evidenciado na figura 11.

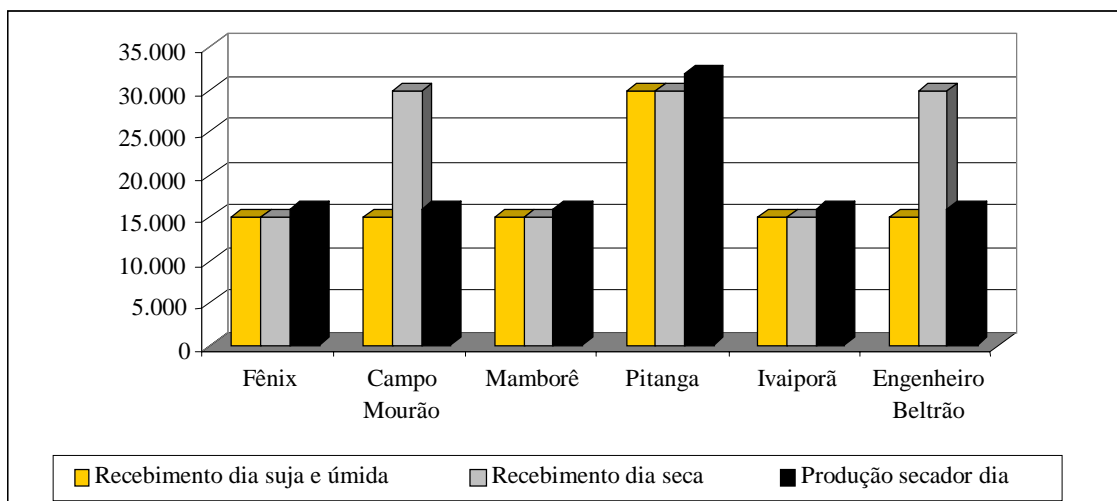
**Figura 11:** Fluxograma do processo industrial da unidade de armazenamento



As capacidades de recebimento diárias de grãos de soja úmida e seca para os diferentes entrepostos podem ser evidenciadas na figura 14, essas quantidades são respectivamente: Pitanga (30.000 úmidas e 30.000 secas), Engenheiro Beltrão (15.000 e 30.000), Campo Mourão (15.000 e 30.000), e Ivaiporã, Fênix e Mamborê as quantidades para as úmidas e secas foram equivalentes (15.000 sacas), perfazendo um total de capacidade de recebimento diário de soja úmida de 105.000 sacas e de soja seca de 135.000 sacas.

Observou-se que o recebimento em todas as unidades armazenadoras foi em torno de 90% de soja úmida, o que faz com que o processo de secagem seja o fator limitante do processo. Podemos também destacar que a unidade de Pitanga tem fator eficiência maior de secagem, devido à maior capacidade do secador.

**Figura 12:** Comparação das capacidades de recebimento diário de sacas de soja suja e úmida com aquelas secas, e a capacidade de produção diária do secador



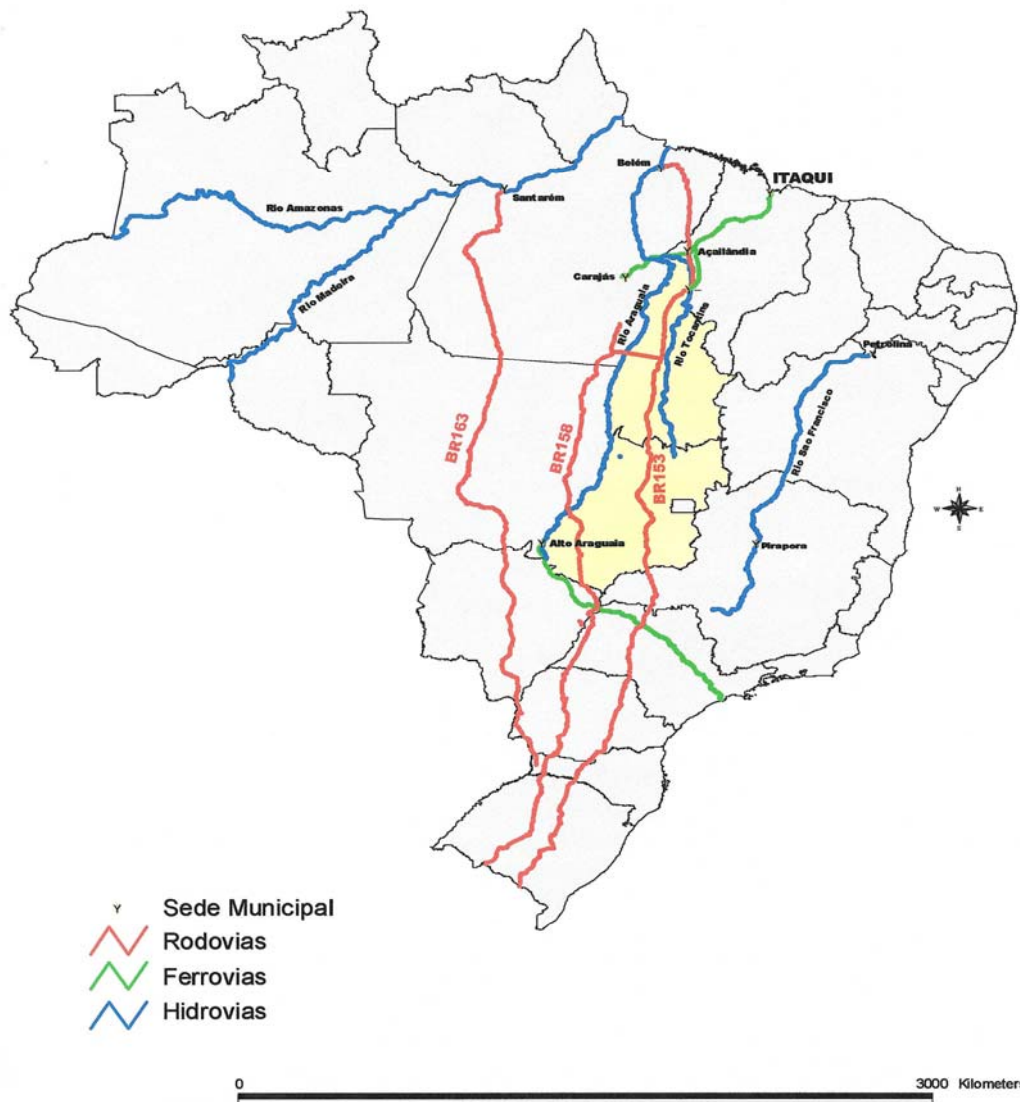
Fonte: Campagro, 2005.

O transporte é responsável pela movimentação de materiais e produtos acabados, ou seja, assegura o fluxo físico dos produtos entre as empresas. Na produção agrícola, o transporte é fundamental, pois há a necessidade de escoamento de produtos colhidos e deslocamento de máquinas e insumos necessários às operações agrícolas.

É importante ressaltar que o transporte rodoviário é o responsável pelo maior percentual de movimentação de passageiros e de cargas no país. Com esta característica, as deficiências na infra-estrutura rodoviária comprometem sobremaneira a integração com as demais modalidades, gerando restrições operacionais e dificultando o crescimento da intermodalidade (multimodalidade), importantíssima para a manutenção da competitividade

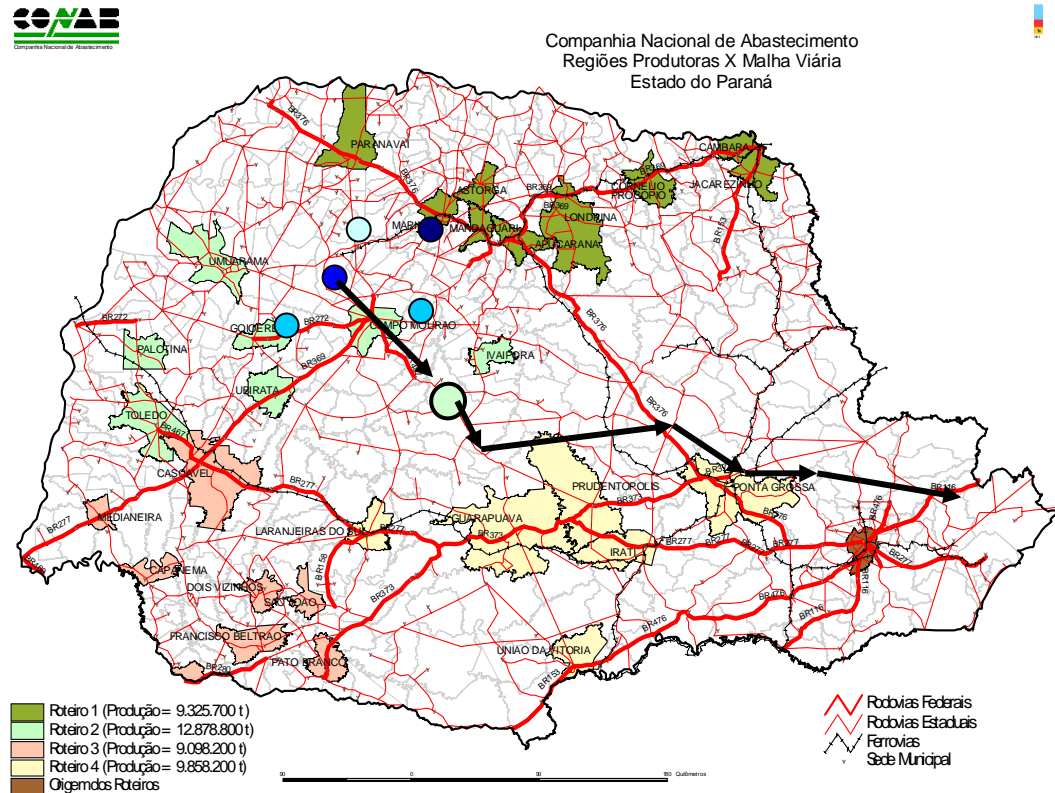
do agronegócio brasileiro, uma vez que diminui o impacto do transporte no custo final do produto (CONAB, 2004). A contribuição que a CONAB procura dar para a diminuição dos custos com o transporte de grãos é a indicação, das rodovias mais importantes para o escoamento da safra, as quais estão apresentadas na figura 13.

**Figura 13:** Principais rotas de escoamento da soja no território brasileiro



A figura 14 apresenta as rodovias mais importantes para o Estado do Paraná para a rota de escoamento da soja, destacando a posição das unidades de armazenamento da Campagro. Ressalta-se aqui a importância da Unidade de Pitanga como ponto estratégico de fuga para o escoamento da soja.

**Figura 14:** Principais rodovias do estado do Paraná e destaque para a rota de escoamento da soja e as unidades de armazenamento da Campagro



Fonte: Modificado de CONAB, 2004.

Segundo Soares *et al* (1997), a soja normalmente é transportada a granel. Esse serviço é comumente prestado por transportadores autônomos devido à baixa especificidade do veículo. A movimentação rodoviária do grão apresenta um papel de destaque na oferta de transporte para graneis agrícolas, uma vez que grandes volumes são envolvidos. Lopes & Caixeta Filho (2000) afirmam que ocorre intensa utilização dos serviços de transporte no escoamento da safra da soja, provocando grande desestabilização no mercado de fretes.

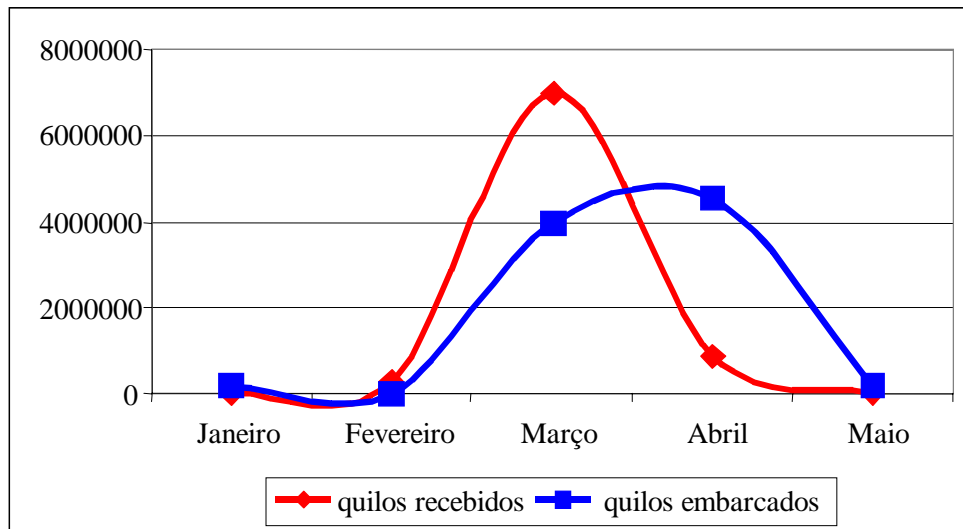
Isso é ocasionado pelo fato de que a oferta de veículos não ser suficiente para cobrir a demanda existente para movimentação da soja e outros produtos agrícolas, proporcionando aumento significativo dos fretes. A safra de soja é, sem dúvida, a que mais desestabiliza o mercado de frete na região sul.

Segundo a CONAB (2004), o pico da safra começa na segunda quinzena de março e vai até a segunda quinzena de abril, como podemos evidenciar na figura 15 a qual evidencia a



evolução do recebimento e dos quilos embarcados da soja na Campagro da unidade de Campo Mourão.

**Figura 15:** Evolução mensal do recebimento e dos quilos embarcados de soja para a unidade armazenadora da Campagro de Campo Mourão referente ao ano de 2003



Fonte: Campagro, 2005.

Observa-se, com o auxílio da figura 15, que o mês de março concentrou mais de 90% do volume colhido. A quantidade para exportação está na dependência do preço de mercado, como o ano de 2004 os preços da soja estiveram em queda a Campagro optou por não manter estoques, aproveitando os preços máximos ofertados no início do ano, embarcando, portanto, toda sua matéria prima.

Finalmente, deve-se ressaltar que a soja brasileira é colhida entre os meses de janeiro a maio de cada ano, período em que os preços sofrem redução, atingindo menores valores nos meses de março e abril. Nos meses de junho a dezembro (entressafra), os preços tendem a se elevar, sofrendo pequenas oscilações. Tais oscilações ocorrem em razão do comportamento da safra norte-americana (que ocorre na entressafra brasileira): se a cotação da safra norte-americana atinge os patamares desejados ou os supera, os preços no Brasil reduzem-se, e vice-versa. Essa sazonalidade ao longo do ano traz características próprias para cada região (pólo), influenciando na contabilização do preço médio anual, bem como na tomada de decisão quanto à realização e execução de contratos de compra e venda.

Este período de pico de colheita explica a enorme demanda por serviços de transporte nesse período. Os preços dos fretes tendem a se elevar nessas épocas do ano.

A figura 16 evidencia a evolução anual para três rotas de relevância no escoamento do grão de soja.

Há uma significativa oscilação nos preços do transporte que, paralelamente a uma oscilação não menos relevante nos preços dos produtos, ocasiona uma instabilidade na relação entre ambos, chegando a valores mais elevados nos preços de escoamento da produção, como nos meses de março e abril de concentração da safra da soja.

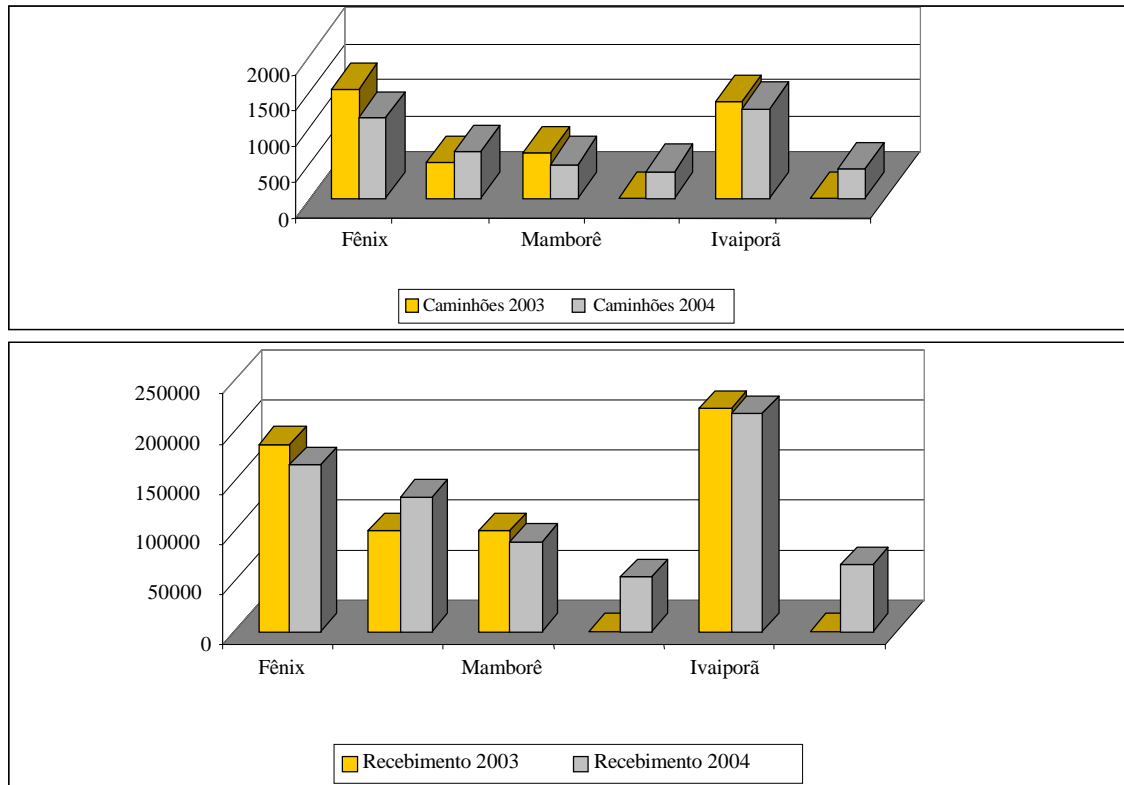
**Tabela 6:** Evolução mensal dos preços da soja em reais

15/08/03	16/09/03	16/10/03	14/11/03	09/12/03	21/01/04	16/02/04	17/03/04	16/04/04
34,00	38,00	45,00	45,00	46,00	42,00	40,00	48,00	50,00
11/05/04	14/06/04	13/07/04	16/08/04	15/09/04	14/10/04	15/11/04	13/12/04	14/01/05
52,00	44,00	40,00	38,00	37,00	36,00	34,00	34,00	32,00
15/02/05	18/03/05	18/04/05	17/05/05	16/06/05	18/07/05	04/08/05		
27,50	36,50	32,00	31,00	33,00	32,00	31,50		

Fonte: Campagro, 2005.

A quantidade de soja recebida está numa relação direta com o número de caminhões envolvidos no transporte dos grãos (figura 16 a e b). Na safra de 2003 a Campagro teve uma quantidade de fretes de 3975 e em 2004 foi de 4294 caminhões envolvidos para o escoamento da safra das propriedades agrícolas até a unidade de armazenamento.

**Figura 16:** Recebimento de soja em sacas (a) relacionadas à quantidade de caminhões (b)



Fonte: Campagro, 2005.

Estudos da Campagro apresentaram informações referentes ao transporte de cargas agroindustriais. Dentre as diversas variáveis determinantes do frete, a distância foi aquela que apareceu com maior frequência nos modelos estudados. Das 35 análises estudadas, 23 tiveram a distância como influenciadora direta do preço do frete, indicando ser uma informação central no modelo econômico. Outras também são relevantes, tais como as regiões de origem e destino e a época de embarque. A tabela 7 apresenta as variáveis que mais aparecem nos modelos.

**Tabela 7:** Variáveis utilizadas em modelos de determinação do preço do frete, e em sua respectiva frequência (número de modelos em que aparecem)

Variável	Frequência	Variável	Frequência
Distância	23	Gasto das transportadoras com salários	2
Peso	11	Gasto das transportadoras com seguros	2
Preço do produto	10	Atividade econômica	2
Origem / destino	8	Receita do transportador	2
Custos operacionais	6	Tamanho do veículo	1
Volume	5	Lotação do veículo	1
Densidade	5	Greve dos portuários	1
Época de embarque	5	Condições das vias	1
Oferta de serviço de transporte	5	Qualidade do serviço de transporte	1
Preço do combustível	5	Características do transportador	1
Demanda por transporte	4	Concentração no mercado	1
Tempo de transporte	4	<i>Market-share</i>	1
Perecibilidade	3	Travessia de fronteiras	1
Possibilidade de carga de retorno	3	Utilização de balsas	1
Condições de carga / descarga	3	Presença de pedágios	1
Custo de transbordo	2	Forma de acondicionamento	1
Número de vagões	2	Existência de contratos	1
Tipo de carga (uni ou multiproduto)	2	Numero de ferrovias/ rota	1

Fonte: Campagro, 2005.

No próximo capítulo, serão apresentados, além da maneira como foi desenvolvido o modelo matemático, proporcionando assim um maior entrosamento do que se propôs nos objetivos desse trabalho e nas necessidades de implementação na otimização de recebimento e distribuição em unidades armazenadoras de soja na Campagro de Campo Mourão.

## 4 O MODELO MATEMÁTICO

Devido a uma necessidade da empresa Campagro e uma facilitação na resolução do modelo matemático, segundo a Programação Linear Binária, optou-se por se realizar a clusterização (heurística para reduzir variáveis binárias), pois um Problema de Clusterização (PC) consiste em, dado uma base de dados  $x$ , agrupar (*clusterizar*) os objetos (elementos) de  $x$  de modo que objetos mais similares fiquem no mesmo *cluster* e objetos menos similares sejam alocados para *clusters* distintos.

No modelo de programação linear inteira binária, os índices das variáveis são representados pelas letras minúsculas:  $i$  para os produtores,  $j$  para os caminhões e  $k$  para os entrepostos. As letras maiúsculas utilizadas correspondem ao valor máximo quando se tratar da capacidade do recebimento do entreposto  $Q_k$  e ao valor mínimo quando se tratar do custo do produtor.

Na seqüência, tem-se o modelo desenvolvido para a logística como ferramenta de tomada de decisão para otimização de recebimento e distribuição em unidades armazenadoras de soja.

Modelo matemático

$$\text{MIN} \sum_{i=1}^{np} \sum_{j=1}^{nv} \sum_{k=1}^{ne} X_{ijk} * C_{ij} * d_{ik} \quad \forall k = 1 \dots ne, \forall i = 1 \dots np, \forall j = 1 \dots nv$$

Sujeito a :

$$\sum_{i=1}^{np} \sum_{j=1}^{nv} X_{ijk} * q_{ij} \leq Q_k$$

$$\sum_{k=1}^{ne} X_{ijk} = 1$$

$$X_{ijk} = \{0, 1\}$$

Onde:

$i$  = produtor

$j$  = caminhão

$k$  = entreposto

$q_{ij}$  = carga do produtor  $i$  do caminhão  $j$

$d_{ik}$  = distância do produtor  $i$  para entreposto  $k$

$C_{ij}$  = custo do produtor  $i$  do caminhão  $j$

$Q_k$  = capacidade de recebimento do entreposto  $k$

$np$  = números de produtores

$nv$  = números de viagens dos caminhões

$ne$  = números de entrepostos

Dessa forma, o estudo e a avaliação das estratégias para a confecção do modelo matemático proposto foram realizados por meio de três distintas análises.

Na primeira, foram incluídas as etapas de definição do problema inicial a ser modelado. A seguir procedeu-se a análise do sistema logístico do problema real estudado, por meio das etapas de verificação da rotina e de validação dos resultados por ele oferecidos.

A segunda análise que ocorreu de forma concomitante com a primeira, foi a de sensibilidade, objetivou identificar os parâmetros que possuem as maiores participações na formação dos custos de sistema.

Por último, a terceira análise constituiu efetivamente a elaboração do modelo matemático, com foco no planejamento da retirada de produção das propriedades agrícolas com destino às unidades armazenadoras baseada na menor distância de forma a se minimizar custos com transporte e facilitar a entrega pelo produtor.

Nesse sentido, faz-se necessário mencionar que existem basicamente duas classes de Problemas de Clusterização; o caso mais estudado é onde o número de *clusters* já é previamente definido (também conhecido como o Problema de  $K$ -Clusterização ou simplesmente Problema de Clusterização (PC)) é o caso onde este número  $k$  não é conhecido previamente, neste caso o Problema é denotado por Problema de Clusterização Automática (PCA).

Os problemas de clusterização já são bastante estudados na literatura, principalmente na estatística e matemática. Na área de computação, este tema ressurgiu com a popularização do conceito de mineração de dados (*data mining*).

O objetivo de problemas de clusterização em mineração de dados (MD), é o mesmo que em outras áreas, o que diferencia este problema em MD, é que nesta área, a base de dados sempre é de grande porte e cada objeto normalmente contém um número elevado de atributos ou características.

#### 4.1 O PROBLEMA DE CLUSTERIZAÇÃO

De uma forma geral, obter a solução para um problema de clusterização corresponde ao processo de agrupar os elementos (objetos) de uma base de dados (conjunto) de tal forma que os grupos formados, ou *clusters*, representem uma configuração em que cada elemento possua uma maior similaridade com qualquer elemento do mesmo *cluster* do que com elementos de outros *clusters*. As técnicas de clusterização vêm sendo tratadas com frequência na literatura para a solução de vários problemas de aplicações práticas em diversas áreas do conhecimento. De uma forma mais formal, define-se Problemas de Clusterização da seguinte forma: Dado um conjunto com  $n$  elementos  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , o problema de clusterização consiste na obtenção de um conjunto de  $k$  *clusters*,  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ , tal que os elementos contidos em um *cluster*  $C_i$  possuam uma maior similaridade entre si do que com os elementos de qualquer um dos demais *clusters* do conjunto  $C$ . O conjunto  $C$  é considerado uma *clusterização* com  $k$  *clusters* caso as seguintes condições sejam satisfeitas:

$$\bigcup_{i=1}^k C_i = x$$

$$C_i \neq \emptyset, \text{ para } 1 \leq i \leq k$$

$$C_i \cap C_j = \emptyset, \text{ para } 1 \leq i, j \leq k \text{ e } i \neq j$$

O valor de  $k$  pode ser conhecido ou não. Caso o valor de  $k$  seja fornecido como parâmetro para a solução, o problema é referenciado na literatura como “*problema de  $k$ -clusterização*”. Caso contrário, isto é, caso o  $k$  seja desconhecido, o problema é referenciado como “*problema de clusterização automática*” e a obtenção do valor de  $k$  faz parte do processo de solução do problema.

Em uma  $k$ -clusterização, o número total de diferentes formas de agrupamento de  $n$  elementos de um conjunto em  $k$  *clusters*, equivale à função  $N(n, k)$  apresentada em

$$N(n, k) = \frac{1}{k!} \sum_{i=0}^k (-1)^i \binom{k}{i} (k-i)^n.$$

Com o intuito de ilustrar o crescimento exponencial do número de soluções possíveis para um problema de  $k$ -clusterização, considerando a equação acima, para combinar 10

elementos em 2 *clusters*, 100 elementos em 2 *clusters*, 100 elementos em 5 *clusters* e 1000 elementos em 2 *clusters*, temos respectivamente os seguintes números de soluções possíveis:  $N(10, 2) = 511$ ,  $N(100, 2) = 6,33825 \times 10^{29}$ ,  $N(100, 5) = 6,57384 \times 10^{67}$  e  $N(1000, 2) = 5.3575 \times 10^{300}$ .

Para o problema de clusterização automática o número total de combinações sofre uns incrementos significativos, sendo definido de acordo com a equação

$$N(n) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k!} \sum_{i=0}^k (-1)^i \binom{k}{i} (k-i)^n .$$

Dessa forma, para um conjunto com 10 elementos, a clusterização automática tem que considerar 115.975 diferentes maneiras de combinar os elementos em um número de *clusters* que pode variar de 1 a 10.

Outro aspecto a ser considerado em relação ao problema de clusterização é como medir o quanto um elemento é similar a outro e, assim, identificar se ambos devem estar contidos em um mesmo *cluster* ou não. Para isto deve ser utilizada uma “*medida de similaridade*”, que é específica para cada problema de clusterização a ser tratado.

Um importante critério utilizado para identificar a similaridade entre dois elementos é à *distância* entre eles, que trabalha com as diferenças entre os valores de cada atributo dos elementos. Neste caso, quanto menor for a distância entre um par de elementos maior é a similaridade entre eles. Como medidas de distância muito utilizadas pode-se citar as seguintes:

- *distância euclidiana*: considera a distância  $d$  entre dois elementos  $x_i$  e  $x_j$  no espaço  $p$ -dimensional:

$$d(x_i, x_j) = \left[ \sum_{l=1}^p (x_{il} - x_{jl})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- *distância “city-block”*: corresponde à soma das diferenças entre todos os  $p$  atributos de dois elementos  $x_i$  e  $x_j$ , não sendo indicada para os casos em que existe uma correlação entre tais atributos:



$$d(x_i, x_j) = \sum_{l=1}^p |x_{il} - x_{jl}|$$

Existem problemas de clusterização em que a distância não pode ser utilizada, ou não é conveniente que seja utilizada, como medida de similaridade, tendo em vista que os valores dos atributos não são escalares. Como exemplo, ao tratar um problema de clusterização que envolve atributos como sexo e endereço, são necessárias outras medidas que demonstrem o grau de similaridade entre as instâncias da base de dados.

Outro exemplo, em que a medida de distância não se aplica diz respeito a alguns problemas de clusterização de vértices em estruturas de grafos em que não são considerados os pesos das arestas. Nestes problemas, também referenciados como problemas de particionamento de grafos não ponderados, são necessárias, portanto, medidas que considerem apenas as conexões entre os seus vértices.

#### 4.1.1 Métodos Utilizados para Clusterização

No processo de clusterização, a busca pela melhor solução no espaço de soluções viáveis é um problema NP-Difícil. A partir das equações  $N(n, k)$  e  $N(n)$ , conforme exposto anteriormente, verifica-se que a avaliação exaustiva de todas as configurações de clusterizações possíveis é computacionalmente inviável, restringindo com isso o uso de métodos exatos para a sua solução.

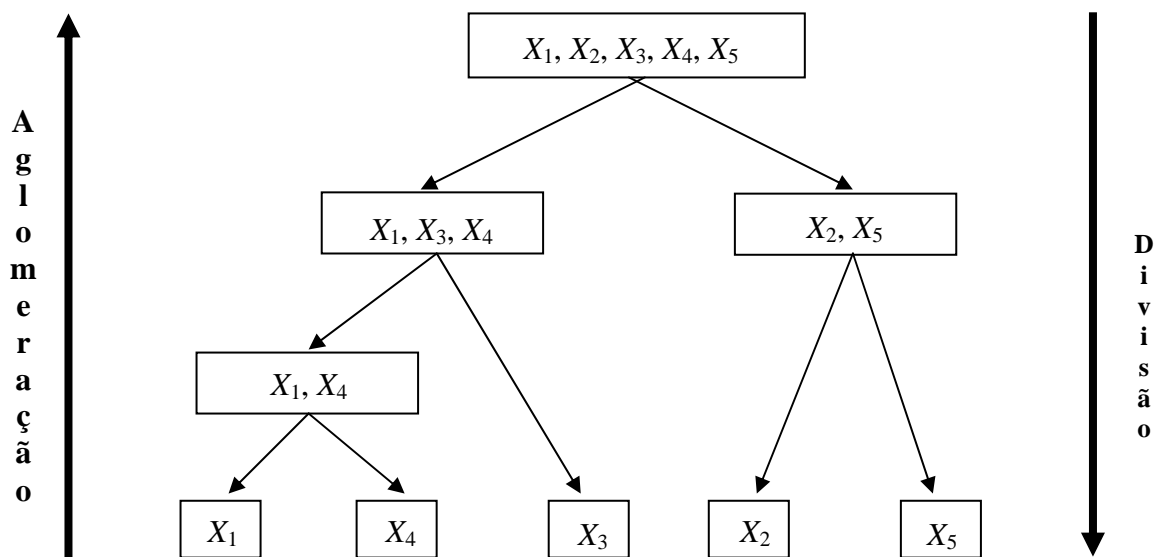
Dessa forma, métodos heurísticos ou aproximados têm sido propostos com frequência, os quais fornecem soluções sub-ótimas com significativa redução da complexidade na solução do problema. Entretanto, devido à grande heterogeneidade das aplicações de problemas de clusterização, as heurísticas são normalmente desenvolvidas para determinadas classes de problemas, ou seja, não existe uma heurística que seja genérica a tal ponto que possa obter bons resultados em todas as aplicações de clusterização.

As heurísticas existentes para a solução de problemas de clusterização podem ser classificadas, de forma geral, em métodos hierárquicos e métodos de particionamento.

Nos algoritmos tradicionais para a clusterização hierárquica os *clusters* vão sendo formados gradativamente através de aglomerações ou divisões de elementos/*clusters*, gerando uma hierarquia de *clusters*, normalmente representada através de uma estrutura em árvore, conforme exemplificado na figura 17. Nesta classe de algoritmos, cada *cluster* com tamanho maior que 1 pode ser considerado como sendo composto por *clusters* menores.

Nos algoritmos de aglomeração, que utilizam uma abordagem *bottom-up*, cada elemento do conjunto é, inicialmente, associado a um *cluster* distinto, e novos *clusters* vão sendo formados pela união dos *clusters* existentes. Esta união ocorre de acordo com alguma medida que forneça a informação sobre quais deles estão mais próximos uns dos outros. Nos algoritmos de divisão, com uma abordagem *top-down*, inicialmente tem-se um único *cluster* contendo todos os elementos do conjunto e, a cada passo, são efetuadas divisões, formando novos *clusters* de tamanhos menores, conforme critérios pré-estabelecidos.

**Figura 17:** Exemplo de árvore de *clusters* na clusterização hierárquica



Berkin (2002) aponta como vantagens dos algoritmos de clusterização hierárquica a facilidade em lidar com qualquer medida de similaridade utilizada e a sua conseqüente aplicabilidade a qualquer tipo de atributo (numérico ou categórico). As desvantagens relacionam-se à imprecisão do critério de parada e ao fato de que a maioria dos algoritmos desta classe não re-visitarem os *clusters* formados ao longo de suas execuções. Este último aspecto está relacionado ao fato dos algoritmos para clusterização hierárquica serem apenas algoritmos construtivos, não permitindo o refinamento de soluções obtidas durante a sua

execução. Com relação ao critério de parada nos algoritmos de clusterização hierárquica, a formação dos *clusters* pode ser interrompida quando o número de *clusters* desejado for obtido, no caso de uma *k*-clusterização, ou caso alguma outra condição de parada ocorra. A falta de refinamento no processo de agrupamento ou desagregação normalmente fornece um caráter guloso ao método hierárquico tradicional.

Nos algoritmos de clusterização que utilizam algum método de particionamento, o conjunto de elementos é dividido em *k* subconjuntos, podendo *k* ser conhecido ou não, e cada configuração obtida é avaliada através de uma função-objetivo. Caso a avaliação da clusterização indique que a configuração não atende ao problema em questão, nova configuração é obtida através da migração de elementos entre os *clusters*, e o processo continua de forma iterativa até que algum critério de parada seja alcançado. Neste esquema de migração dos elementos entre os *clusters*, referenciado na literatura como *otimização iterativa*, os *clusters* podem ser melhorados gradativamente, o que não ocorre nos métodos hierárquicos.

Os métodos de particionamento para *k*-clusterização incluem ainda as técnicas *kmedoids* e *k-means*, de acordo com o tipo de representatividade utilizada para os *clusters*: no *k-medoids*, o elemento que melhor representa o *cluster*, é definido de acordo com seus atributos sem que haja muita influência dos valores próximos aos limites do *cluster*; no *k-means* o elemento representativo de um *cluster* é o seu centróide, que possui um valor médio para os atributos considerados, relativos a todos os elementos do *cluster*. A utilização do centróide como elemento representativo de um *cluster* é conveniente apenas para atributos numéricos e possui um significado geométrico e estatístico claro podendo, entretanto, receber muita influência de um único elemento que se encontre próximo à fronteira do *cluster*.

Além dos métodos hierárquicos e de particionamento, é possível observar um crescimento significativo de propostas utilizando metaheurísticas aplicadas a problemas de clusterização, como os algoritmos evolutivos (AEs), com destaque para os algoritmos genéticos (AGs) (Bem-Dor, 1998).

## 4.1.2 Algumas Aplicações do Problema de Clusterização

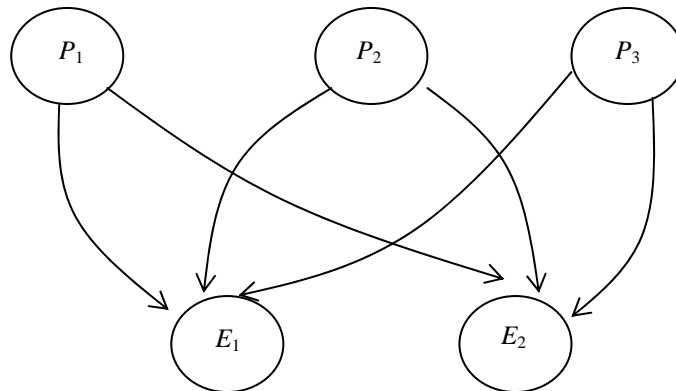
O problema de clusterização possui aplicações nas mais variadas áreas de pesquisa incluindo, por exemplo: computação visual e gráfica, computação médica, biologia computacional, redes de comunicações, engenharia de transportes, redes de computadores, sistemas de manufatura, entre outras. Nesta seção será apresentado um pequeno exemplo de como funciona o modelo matemático proposto para facilitar o processo de roteamento dos veículos para a entrega da soja na empresa Campagro.

### 4.1.2.1 Clusterização de Grafos

O problema de clusterização aplicado a grafos, também referenciado na literatura como “problema de particionamento de grafos”, consiste em, dado um grafo  $G = (V, E)$ , com  $V$  sendo o conjunto de vértices e  $E$  o conjunto de arestas, particionar o conjunto de vértices em subconjuntos disjuntos, ou *clusters*, otimizando alguma função objetivo.

No problema de particionamento *balanceado* de grafo a diferença de cardinalidade entre o maior *cluster* e o menor *cluster* deve ser de, no máximo, uma unidade. Quando o número de *clusters* é igual a dois, o problema é referenciado na literatura como problema de bisseção de grafos ou problema de bi-particionamento de grafos (Battiti e Bertossi, 1999). Em Battiti *et al* (1999) o problema de particionamento de grafos é considerado como consistindo do particionamento do conjunto de vértices do grafo em  $k$  *clusters* disjuntos e com a mesma cardinalidade, tal que o total de arestas da qual participam pares de vértices de diferentes *clusters* seja minimizado. A figura 18 apresenta um exemplo de particionamento balanceado de um grafo constituído de 5 vértices e 6 arestas, ou seja, considerando um exemplo simplificado de uso da Campagro de que três propriedades ( $P_1, P_2$  e  $P_3$ ) deverão entregar soja em dois entrepostos ( $E_1$  e  $E_2$ ), cada um com uma determinada capacidade.

**Figura 18:** Exemplo de particionamento balanceado de grafos



O problema de particionamento de grafos é NP-Difícil, mesmo com o valor de  $k$  igual a dois ou quando algum desbalanceamento é permitido. Segundo Battiti *et al* (1999), para grafos com mais de 100 vértices, as únicas opções viáveis são os algoritmos heurísticos.

O problema de clusterização de grafos tratado neste trabalho com mais destaque corresponde a clusterização automática considerando grafos orientados e com valores de peso nos arcos (grafos ponderados). Neste problema, o objetivo da clusterização é agrupar os vértices do grafo em *clusters* de tal forma que seja maximizado o número total dos arcos internos a cada *cluster*, ao mesmo tempo em que seja minimizado o número total de arcos entre pares de vértices que estejam em diferentes *clusters*.

Vale ressaltar que neste estudo, embora se tenham 494 propriedades e 6 entrepostos, optou-se por trabalhar com um método exato binário, ou seja, uma propriedade entrega somente para um determinado entreposto (1), conforme sua capacidade, ou não entrega para um determinado entreposto (0). Mais adiante, quando se tratar da análise dos dados, este comentário ficará mais evidente.

#### 4.1.2.2 Clusterização em Sistemas de Manufatura

O problema de formação de células de manufatura (PFCM) na sua versão original é representado como uma matriz “*parte x máquina*” onde as linhas representam as partes e as colunas as máquinas, ou vice-versa. Considerando aqui uma matriz  $A = (\text{parte } x \text{ máquina})$ ,

cada célula  $a_{ij}$  da matriz é igual a 1 se a *parte i* utiliza a máquina *j*, e 0 caso contrário. A formação dos grupos (*clusters*) “célula / família” é feita através da permutação das linhas e colunas desta matriz.

Por exemplo, considere um fluxo de entrega da soja composto por três propriedades e dois entrepostos, cada um com uma determinada capacidade e com caminhões disponíveis para a entrega:

As tabelas 8 e 9 mostram respectivamente a matriz de entrada do problema e uma possível matriz solução com formação de duas células / famílias que apresenta a função objetivo minimizar =  $200 \cdot X_{111} + 400 \cdot X_{112} + 160 \cdot X_{121} + 320 \cdot X_{122} + 315 \cdot X_{211} + 225 \cdot X_{212} + 385 \cdot X_{221} + 275 \cdot X_{222} + 300 \cdot X_{311} + 500 \cdot X_{312} + 300 \cdot X_{321} + 500 \cdot X_{322} + 240 \cdot X_{331} + 400 \cdot X_{332}$ , onde *i* = propriedade, *j* = viagem e *k* = entreposto.

**Tabela 8:** Matriz de entrada

Prop_Entrep	Campo Mourão	Mamborê
$P_1$	20	40
$P_2$	35	25
$P_3$	30	50
Capacidades	40,00	45,00

Prop_Entrep	Produção diária	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
$P_1$	926,90	8,00	10,00	1,00	7,00	8,00	1,00
$P_2$	508,10	8,00	9,00	1,00	11,00	11,00	1,00
$P_3$	336,10	8,00	10,00	2,00	9,00	8,00	1,00

**Tabela 9:** Exemplo de clusterização da matriz da tabela 8

Variável	Valor
$x_{111}$	1
$x_{112}$	0
$x_{121}$	1
$x_{121}$	0
$x_{211}$	0
$x_{212}$	1
$x_{221}$	0
$x_{222}$	1
$x_{311}$	1
$x_{312}$	0
$x_{321}$	1
$x_{322}$	0
$x_{331}$	1
$x_{332}$	0

#### 4.1.3 O Problema de Roteamento de uma Frota de Veículos

Conforme mencionado anteriormente, o problema de roteamento periódico básico consiste de uma frota homogênea de veículos que deve atender a um conjunto de clientes a partir de uma origem (depósito) de onde os veículos devem sair e retornar ao final da jornada. Cada veículo possui uma capacidade fixa que não pode ser excedida e cada cliente possui uma demanda conhecida que deve ser totalmente satisfeita numa única visita por um único veículo.

O período de planejamento é de  $T$  dias. Quando  $T = 1$ , o PRPV se restringe ao clássico Problema de Roteamento de Veículos (PRV). Cada cliente no PRPV deve ser visitado  $k$  vezes, onde  $1 \leq k \leq T$  e no modelo clássico, a demanda diária de um cliente é sempre igual para cada dia de visita. O objetivo do PRPV pode ser visto como a de gerar um conjunto de rotas para cada dia de modo que as restrições envolvidas sejam atendidas e os custos globais minimizados. Tanto o PRV como o PRPV podem ser vistos como Problemas de Clusterização, neste caso, os clientes alocados a uma rota definem um *cluster*. Existem várias generalizações do PRPV básico incorporando variações e/ou condições adicionais. Os mais comuns são:

- A frota de veículos pode ser heterogênea (capacidades e/ou custos distintos).
- Cada rota diária de um veículo pode ser limitado em função da sua distância e/ou tempo.
- O número de veículos disponíveis a cada dia pode ser limitado e fixado previamente ou ser variável.
- A demanda diária de um cliente pode ser variável e atendida em mais de uma visita.
- Pode existir mais de uma origem (depósito).
- Os clientes podem ter exigências do tipo: *time-windows* onde devem ser visitados, restrições de precedências entre dois clientes.

Na seqüência serão apresentadas todas as análises feitas levando-se em consideração a utilização da Programação Linear Binária e da *Clusterização* no modelo matemático proposto para a entrega da soja na empresa Campagro de Campo Mourão.

#### 4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

Para a solução do problema de roteamento de entrega de soja aos entrepostos da empresa Campagro foi desenvolvido um programa em *Visual Basic 6.0* e com o auxílio do *Software Lingo* para a solução do modelo de programação matemática proposto. Os seguintes passos foram realizados:

**Primeiro.** Ler a base de dados. Esta base de dados é uma pasta do *Excel* (neste exemplo com nome dados1.xls) com duas planilhas chamadas Plan1 e Plan2. A planilha Plan1 tem o seguinte formato:



**Figura 19:** Pasta *Excel* com a planilha Plan1

	A	B	C	D	E	F	G
1	Prop_Entrep	Campo Mourão	Mamboré				
2	p1	20	40				
3	p2	35	25				
4	p3	30	50				
5	Capacidades	90.00	80.00				
6							

Nesta planilha tem-se os dados relativos às distâncias entre as propriedades  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  e os entrepostos Campo Mourão e Mamborê, informando na última linha as capacidades dos entrepostos.

A planilha Plan2 tem o seguinte formato:

**Figura 20:** Pasta *Excel* com a planilha Plan2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Prop_Entrep	Produçãodiaria	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
2	p1	15.00	8.00	10.00	1.00	7.00	8.00	1.00
3	p2	19.00	8.00	9.00	1.00	11.00	11.00	1.00
4	p3	17.00	8.00	10.00	2.00	9.00	8.00	1.00
5								
6								

Nesta planilha tem-se os dados das propriedades com a relação de viagens a serem realizadas. Por exemplo, a propriedade “ $P_3$ ” vai produzir 17 toneladas e serão enviadas para os entrepostos duas viagens com um caminhão tipo 1 (capacidade de 8 toneladas) a um custo por quilômetro de R\$ 10.00 e uma viagem com um caminhão tipo 2 de 9 toneladas a um custo de R\$ 8,00 por quilômetro rodado.

**Segundo.** O programa lê os dados das planilhas Plan1 e Plan2 e armazena em matrizes, e mostra-os da seguinte forma:

**Figura 21:** Programa ROTEA, com os dados de distâncias e capacidades dos entrepostos

Tabela com (3) propriedades cadastradas

Prop_ Entrep	Campo M.	Mamborê
p1	20	40
p2	35	25
p3	30	50
Capacidades	90	80

**Figura 22:** Programa ROTEA, com os dados das viagens

Tabela de viagens a fazer cadastradas (3)

Propriet.	Produção Ti	Caminhão1	Custo/Km	Viagens	Caminhão2	Custo/Km	Viagens
p1	15	8	10	1	7	8	1
p2	19	8	9	1	11	11	1
p3	17	8	10	2	9	8	1

**Figura 23:** Programa ROTEA, com os resultados, neste caso com o modelo matemático de PL

VER MODELO LINGO RESULTADO

A capacidade total dos entrepostos é de: 170  
A demanda total é de: 59

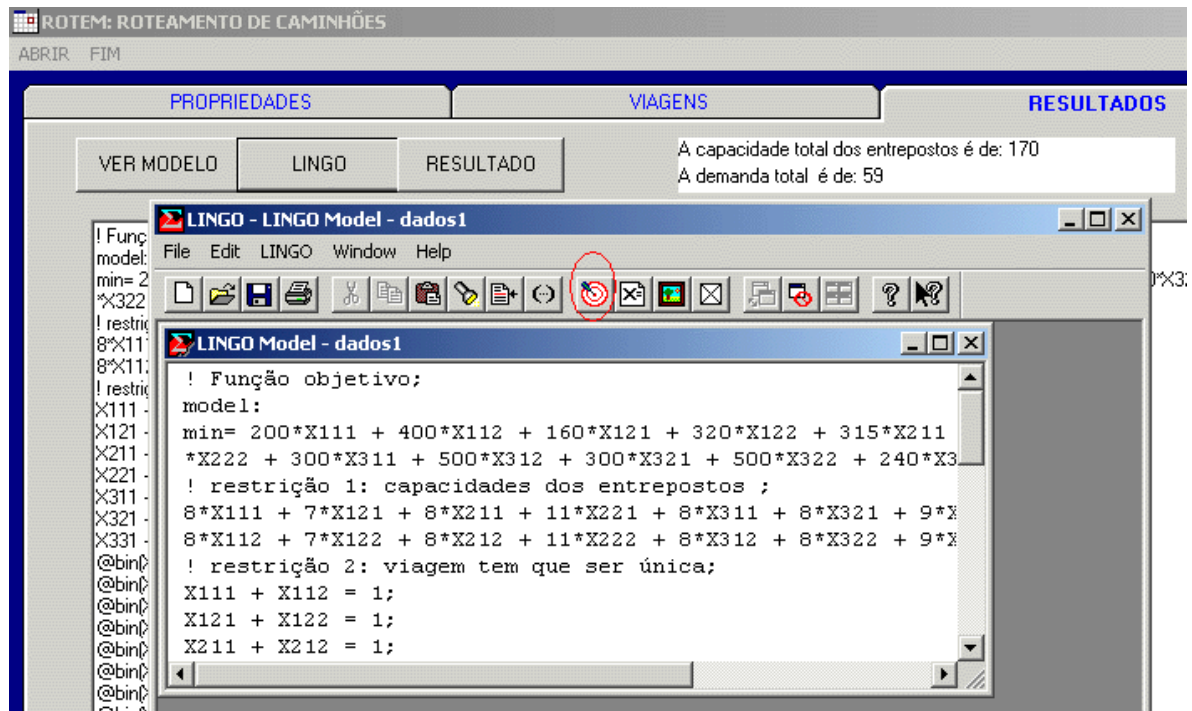
```

! Função objetivo:
model:
min= 200*X111 + 400*X112 + 160*X121 + 320*X122 + 315*X211 + 225*X212 + 385*X221 + 275*X222 + 300*X311 + 500*X312 + 300*X321 + 500
*X322 + 240*X331 + 400*X332;
! restrição 1: capacidades dos entrepostos ;
8*X111 + 7*X121 + 8*X211 + 11*X221 + 8*X311 + 8*X321 + 9*X331 < 90;
8*X112 + 7*X122 + 8*X212 + 11*X222 + 8*X312 + 8*X322 + 9*X332 < 80;
! restrição 2: viagem tem que ser única;
X111 + X112 = 1;
X121 + X122 = 1;
X211 + X212 = 1;
X221 + X222 = 1;
X311 + X312 = 1;
X321 + X322 = 1;
X331 + X332 = 1;
@bin(X111);
@bin(X112);
@bin(X121);
@bin(X122);
@bin(X211);
@bin(X212);
@bin(X221);
@bin(X222);
@bin(X311);
@bin(X312);
@bin(X321);
@bin(X322);
@bin(X331);
@bin(X332);

```

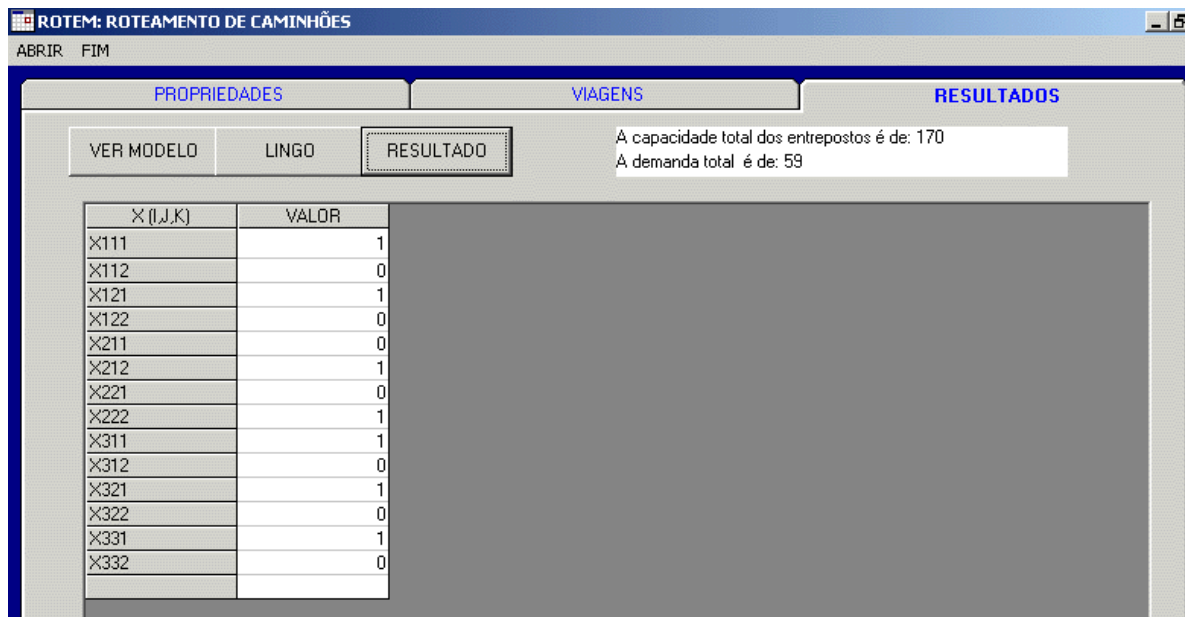
O programa ROTEA gera o modelo com os dados da planilha *Excel* e este modelo será visualizado após clicar no botão *ver modelo*. Na seqüência, clicando no botão de comando *Lingo*, este é ativado com o modelo carregado, conforme mostra a figura:

**Figura 24:** Programa ROTEA, chamando o programa de *Lingo*



Na seqüência, usando o aplicativo *Lingo* para resolver o modelo, basta clicar no botão assinalado de vermelho. Neste processo é criado um arquivo (neste caso dados1.res) com os resultados do modelo, para poder visualizar no programa ROTEA.

**Figura 25:** Programa ROTEA, visualizando os resultados



Algumas Observações:

- a) quando uma célula da planilha *Excel* relativa às distâncias é nula (sem preenchimento), o programa ROTEA interpreta como uma distância infinita e coloca um valor de 10000 (significa a distância da propriedade ao entreposto em quilômetros).
- b) Quando a demanda total é maior que a capacidade total dos entrepostos, os comandos *Lingo* e *resultados* são inativados.

## 5 ANÁLISES DO MODELO MATEMÁTICO EMPREGADO EM EXEMPLOS

Com o modelo construído, a próxima etapa consistiu na realização de exemplos-piloto, onde foram coletados os dados necessários para a avaliação da entrega da soja de algumas propriedades para os distintos entrepostos. Os dados utilizados para alimentar o modelo proposto foram obtidos através de informações fornecidas diretamente pela Campagro, onde foi possível obter as capacidades de armazenamento de cada um dos 7 entrepostos e das 494 propriedades entregadoras de soja.

Para alguns dos aspectos que poderiam ser considerados no modelo, não foi possível obter as informações necessárias. Estes dados são referentes a aspectos que, segundo o julgamento dos decisores, deveriam estar sendo observados nas vistorias realizadas pelo órgão gestor, relacionados principalmente às condições de armazenamento da soja. Dentre os parâmetros em que não foram obtidas as informações, pode-se mencionar a umidade da soja e o tempo de carga e descarga da soja.

A definição da empresa a compor estes exemplos-piloto foi função da disponibilidade em fornecer as informações necessárias para alimentar cerca de 100% dos aspectos constantes no modelo proposto. Ou seja, uma empresa que esteja pontuando no nível “ótimo” em todos os descritores em que foram obtidas informações, receberia a pontuação 100. Todas as informações coletadas são referentes ao ano de 2004.

### 5.1 EXEMPLO 1

Nesse primeiro exemplo, leva-se em consideração apenas cinco propriedades ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ) e os entrepostos Mamborê e Campo Mourão, com capacidades de 100 toneladas e 58 toneladas, respectivamente. Além dessas informações, tem-se a produção diária de cada propriedade, a capacidade de entrega de cada caminhão e o custo para a entrega da soja em cada entreposto. Nesse sentido, os dados foram colocados no modelo proposto e utilizando o programa ROTEIA, extraiu-se os seguintes resultados:

Propriedade	Mamborê	Campo Mourão
$P_1$	65	135
$P_2$	45	117
$P_3$	42	40
$P_4$	130	65
$P_5$	145	65
Capacidade	100	58

Prop_Entrep	Produção diária	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
$P_1$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_2$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_3$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_4$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_5$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00

Na seqüência tem-se a função objetivo criada pelo programa ROTEA e usada pelo *Software Lingo* para a resolução do programa linear.

Função objetivo;

model:

```
min= 97.5*X111 + 202.5*X112 + 97.5*X121 + 202.5*X122 + 159.25*X131 +
330.75*X132 + 67.5*X211 + 175.5*X212 + 67.5*X221 + 175.5*X222 + 110.25*X231
+ 286.65*X232 + 63*X311 + 60*X312 + 63*X321 + 60*X322 + 102.9*X331 +
98*X332 + 195*X411 + 97.5*X412 + 195*X421 + 97.5*X422 + 318.5*X431 +
159.25*X432 + 217.5*X511 + 97.5*X512 + 217.5*X521 + 97.5*X522 + 355.25*X531
+ 159.25*X532;
```

! restrição 1: capacidades dos entrepostos ;

```
8*X111 + 8*X121 + 13*X131 + 8*X211 + 8*X221 + 13*X231 + 8*X311 + 8*X321 +
13*X331 + 8*X411 + 8*X421 + 13*X431 + 8*X511 + 8*X521 + 13*X531 < 100;
8*X112 + 8*X122 + 13*X132 + 8*X212 + 8*X222 + 13*X232 + 8*X312 + 8*X322 +
13*X332 + 8*X412 + 8*X422 + 13*X432 + 8*X512 + 8*X522 + 13*X532 < 58;
```

! restrição 2: viagem tem que ser única;

```
X111 + X112 = 1;
X121 + X122 = 1;
X131 + X132 = 1;
X211 + X212 = 1;
X221 + X222 = 1;
X231 + X232 = 1;
X311 + X312 = 1;
X321 + X322 = 1;
X331 + X332 = 1;
X411 + X412 = 1;
X421 + X422 = 1;
X431 + X432 = 1;
X511 + X512 = 1;
X521 + X522 = 1;
X531 + X532 = 1;
```

@bin(X111);

@bin(X112);

@bin(X121);

@bin(X122);

@bin(X131);

@bin(X132);

@bin(X211);

@bin(X212);

@bin(X221);

```

@bin(X222);
@bin(X231);
@bin(X232);
@bin(X311);
@bin(X312);
@bin(X321);
@bin(X322);
@bin(X331);
@bin(X332);
@bin(X411);
@bin(X412);
@bin(X421);
@bin(X422);
@bin(X431);
@bin(X432);
@bin(X511);
@bin(X512);
@bin(X521);
@bin(X522);
@bin(X531);
@bin(X532);
data:
@text('C:\Arquivos de programas\ADALBERTO\dados\dados5.res') =
X111,X112,X121,X122,X131,X132,X211,X212,X221,X222,X231,X232,X311,X312,X321,
X322,X331,X332,X411,X412,X421,X422,X431,X432,X511,X512,X521,X522,X531,X532;
@text( ) =
X111,X112,X121,X122,X131,X132,X211,X212,X221,X222,X231,X232,X311,X312,X321,
X322,X331,X332,X411,X412,X421,X422,X431,X432,X511,X512,X521,X522,X531,X532;
enddata
end

```

### Resultados fornecidos pelo *Software Lingo*:

variavel	valor
X111	1.000000
X112	0.0000000
X121	1.000000
X122	0.0000000
X131	1.000000
X132	0.0000000
X211	1.000000
X212	0.0000000
X221	1.000000
X222	0.0000000
X231	1.000000
X232	0.0000000
X311	1.000000
X312	0.0000000
X321	1.000000
X322	0.0000000
X331	1.000000
X332	0.0000000
X411	0.0000000
X412	1.000000
X421	0.0000000
X422	1.000000
X431	0.0000000
X432	1.000000
X511	0.0000000
X512	1.000000

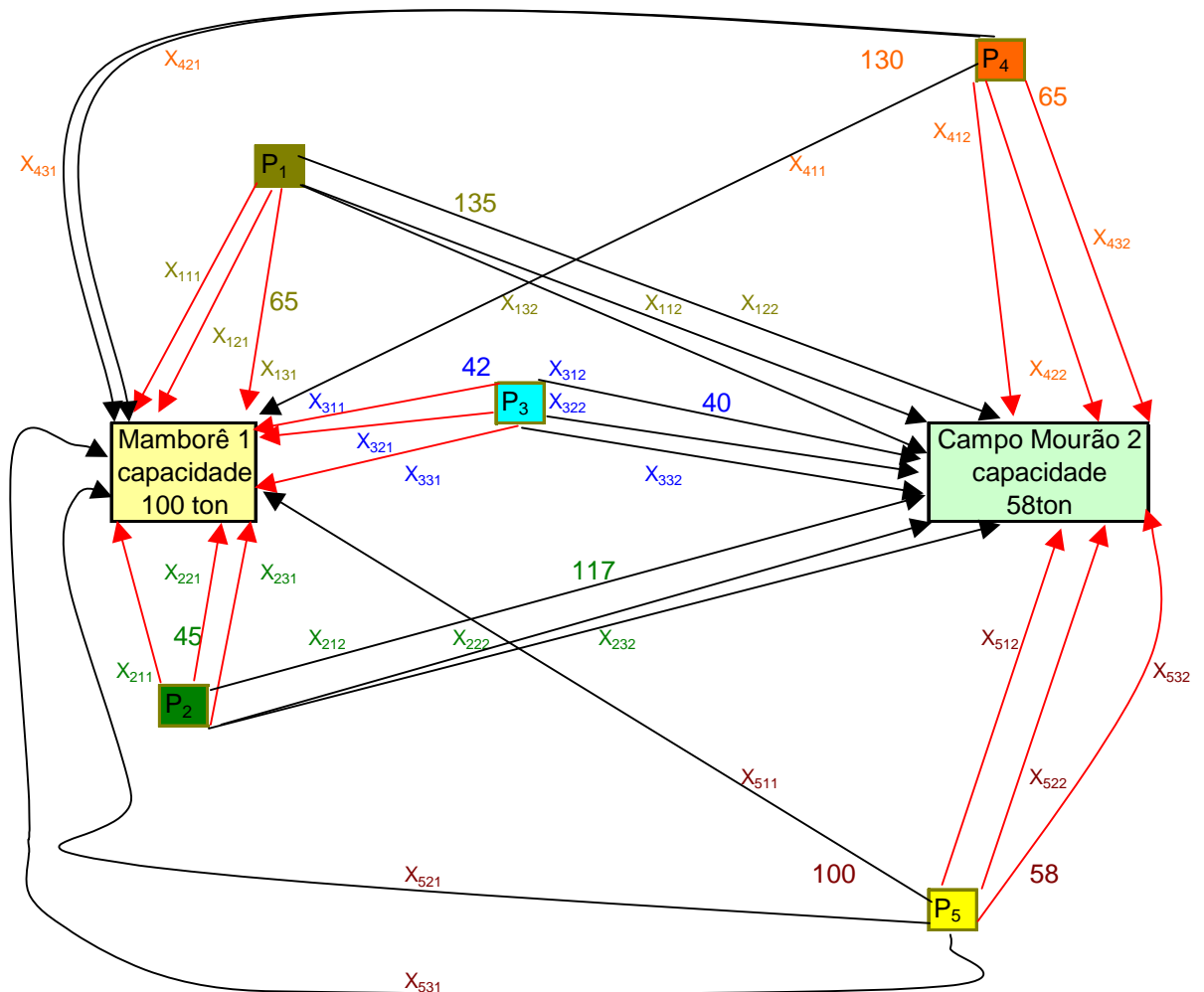
X521	0.0000000
X522	1.0000000
X531	0.0000000
X532	1.0000000

Visualizando melhor os resultados, é possível verificar de qual propriedade partiu a soja, para qual entreposto foi entregue e em qual tipo de caminhão foi. Assim, por exemplo, o resultado  $X_{111} = 1$ , significa que houve a entrega da soja partindo da propriedade 1, indo para o entreposto 1 sendo a viagem 1 (neste caso usando o caminhão tipo 1). Já para o caso do  $X_{532} = 1$ , significa que houve a entrega da soja partindo da propriedade 5, indo para o entreposto 2 sendo a terceira viagem saindo da propriedade referida. No caso de  $X_{112} = 0$ , significa que a viagem 1 da propriedade 1 não será entregue soja para o entreposto 2, haja vista que já se conhece o tipo do caminhão a priori.

Na figura 26 é possível visualizar melhor ainda os resultados. As setas em vermelho indicam que houve a entrega da soja para um determinado entreposto e as setas pretas indicam que não houve a entrega. Nesse exemplo, pode-se verificar que as propriedades  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  tiveram suas entregas feitas para o entreposto 1 (Mamborê), com capacidade de 100 toneladas. Já as propriedades  $P_4$  e  $P_5$  tiveram suas entregas feitas para o entreposto 2 (Campo Mourão). Na figura também é possível observar a distância entre cada propriedade e cada entreposto. Assim, o modelo proposto tem o importante papel de dimensionar a distância entre entreposto e propriedade, calcular o custo de cada caminhão por quilômetro rodado e, além disso, a capacidade de armazenamento de cada entreposto e a quantidade de soja enviada por cada propriedade. Observa-se no gráfico que as propriedades entregarão a soja nos entrepostos mais perto possíveis, como era de se esperar.



**Figura 26:** Resultado do exemplo 1



## 5.2 EXEMPLO 2

No segundo exemplo proposto, a capacidade de cada entreposto agora é igual, ou seja, 100 toneladas para cada um. Nesse caso, leva-se novamente em consideração as cinco propriedades ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ) e os entrepostos Mamorê e Campo Mourão. Além dessas informações, tem-se a produção diária de cada propriedade, a capacidade de entrega de cada caminhão e o custo para a entrega da soja em cada entreposto. Nesse sentido, os dados foram

colocados no modelo proposto e rodados no *Software Lingo*, onde obteve-se o seguinte resultado:

Propriedade	Mamborê	Campo Mourão					
$P_1$	65	135					
$P_2$	45	117					
$P_3$	42	40					
$P_4$	130	65					
$P_5$	145	65					
Capacidade	100	100					
Prop. Entrep	Produção diária	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
$P_1$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_2$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_3$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_4$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_5$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00

Na seqüência tem-se a função objetivo criada pelo programa ROTEIA e usada pelo *Software Lingo* para a resolução do programa linear.

Função objetivo;

model:

```
min= 97.5*X111 + 202.5*X112 + 97.5*X121 + 202.5*X122 + 159.25*X131 +
330.75*X132 + 67.5*X211 + 175.5*X212 + 67.5*X221 + 175.5*X222 + 110.25*X231 +
286.65*X232 + 63*X311 + 60*X312 + 63*X321 + 60*X322 + 102.9*X331 +
98*X332 + 195*X411 + 97.5*X412 + 195*X421 + 97.5*X422 + 318.5*X431 +
159.25*X432 + 217.5*X511 + 97.5*X512 + 217.5*X521 + 97.5*X522 + 355.25*X531 +
159.25*X532;
```

! restrição 1: capacidades dos entrepostos ;

```
8*X111 + 8*X121 + 13*X131 + 8*X211 + 8*X221 + 13*X231 + 8*X311 + 8*X321 +
13*X331 + 8*X411 + 8*X421 + 13*X431 + 8*X511 + 8*X521 + 13*X531 < 100;
```

```
8*X112 + 8*X122 + 13*X132 + 8*X212 + 8*X222 + 13*X232 + 8*X312 + 8*X322 +
13*X332 + 8*X412 + 8*X422 + 13*X432 + 8*X512 + 8*X522 + 13*X532 < 100;
```

! restrição 2: viagem tem que ser única;

```
X111 + X112 = 1;
```

```
X121 + X122 = 1;
```

```
X131 + X132 = 1;
```

```
X211 + X212 = 1;
```

```
X221 + X222 = 1;
```

```
X231 + X232 = 1;
```

```
X311 + X312 = 1;
```

```
X321 + X322 = 1;
```

```
X331 + X332 = 1;
```

```
X411 + X412 = 1;
```

```
X421 + X422 = 1;
```

```
X431 + X432 = 1;
```

```
X511 + X512 = 1;
```

```
X521 + X522 = 1;
```

```
X531 + X532 = 1;
```

```
@bin(X111);
```

```
@bin(X112);
```

```
@bin(X121);
```

```
@bin(X122);
```

```

@bin(X131);
@bin(X132);
@bin(X211);
@bin(X212);
@bin(X221);
@bin(X222);
@bin(X231);
@bin(X232);
@bin(X311);
@bin(X312);
@bin(X321);
@bin(X322);
@bin(X331);
@bin(X332);
@bin(X411);
@bin(X412);
@bin(X421);
@bin(X422);
@bin(X431);
@bin(X432);
@bin(X511);
@bin(X512);
@bin(X521);
@bin(X522);
@bin(X531);
@bin(X532);
data:
@text('C:\Arquivos de programas\ADALBERTO\dados\dados5B.res') =
X111,X112,X121,X122,X131,X132,X211,X212,X221,X222,X231,X232,X311,X312,X321,
X322,X331,X332,X411,X412,X421,X422,X431,X432,X511,X512,X521,X522,X531,X532;
@text( ) =
X111,X112,X121,X122,X131,X132,X211,X212,X221,X222,X231,X232,X311,X312,X321,
X322,X331,X332,X411,X412,X421,X422,X431,X432,X511,X512,X521,X522,X531,X532;
enddata
end

```

### Resultados fornecidos pelo *Software Lingo*:

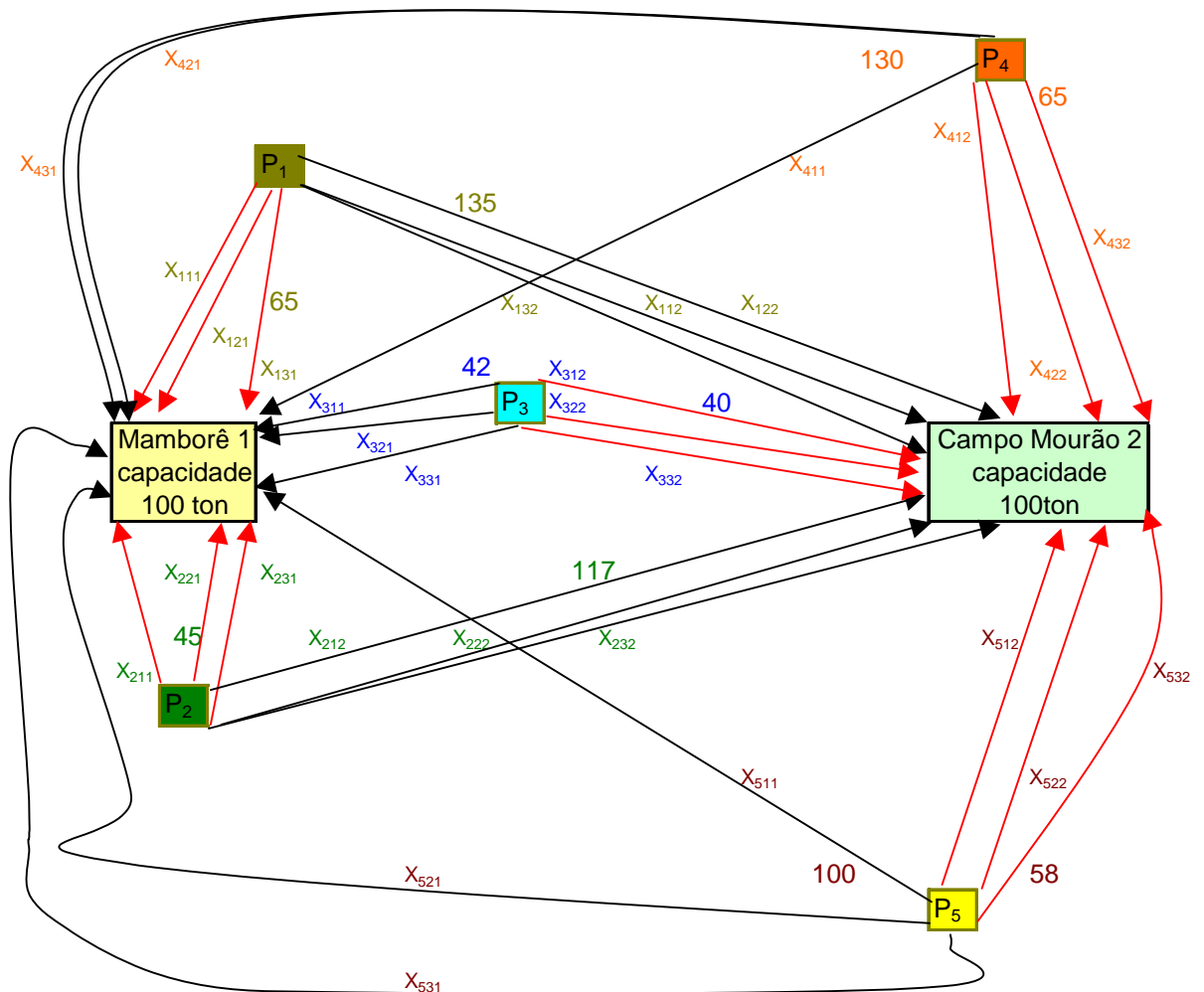
variavel	valor
X111	1.000000
X112	0.0000000
X121	1.000000
X122	0.0000000
X131	1.000000
X132	0.0000000
X211	1.000000
X212	0.0000000
X221	1.000000
X222	0.0000000
X231	1.000000
X232	0.0000000
X311	0.0000000
X312	1.000000
X321	0.0000000
X322	1.000000
X331	0.0000000
X332	1.000000
X411	0.0000000
X412	1.000000
X421	0.0000000

X422	1.000000
X431	0.0000000
X432	1.000000
X511	0.0000000
X512	1.000000
X521	0.0000000
X522	1.000000
X531	0.0000000
X532	1.000000

Da mesma forma que anteriormente, é possível verificar de qual propriedade partiu a soja, para qual entreposto foi levada e de que forma foi levada. Assim, por exemplo, o resultado  $X_{121} = 1$ , significa que houve a entrega da soja partindo da propriedade 1, indo para o entreposto 1 na segunda viagem. Já para o caso do  $X_{512} = 1$ , significa que houve a entrega da soja partindo da propriedade 5, indo para o entreposto 2 na primeira viagem. No caso de  $X_{511} = 0$ , significa que não será entregue soja para o entreposto 1, pois o entreposto 2 já foi suficiente para estocar a soja enviada pela propriedade 3.

Na figura 27 é possível visualizar melhor ainda os resultados. As setas em vermelho indicam que houve a entrega da soja para um determinado entreposto e as setas pretas indicam que não houve a entrega. Nesse exemplo, pode-se verificar que as propriedades  $P_1$  e  $P_2$  tiveram suas entregas feitas para o entreposto 1 (Mamborê), com capacidade de 100 toneladas. Já as propriedades  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$  tiveram suas entregas feitas para o entreposto 2 (Campo Mourão), com capacidade igual de 100 toneladas. Na figura também é possível observar a distância entre cada propriedade e cada entreposto. Assim, o modelo proposto tem o importante papel de dimensionar a distância entre entreposto e propriedade, calcular o custo de cada caminhão por quilômetro rodado e, além disso, a capacidade de armazenamento de cada entreposto e a quantidade de soja enviada por cada propriedade.

**Figura 27:** Resultado do exemplo 2



### 5.3 EXEMPLO 3

No terceiro exemplo proposto, a capacidade de cada entreposto agora é maior para o entreposto 1 (100 toneladas) e menor para o entreposto 2 (74 toneladas). Nesse caso, leva-se novamente em consideração as cinco propriedades ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ) e os entrepostos 1 e 2. Além dessas informações, tem-se a produção diária de cada propriedade, a capacidade de entrega de cada caminhão e o custo para a entrega da soja em cada entreposto. Nesse sentido,

os dados foram rodados no programa ROTEA e com a ajuda do *Software Lingo* obteve-se o seguinte resultado:

Propriedade	Mamborê	Campo Mourão
$P_1$	65	135
$P_2$	45	117
$P_3$	42	40
$P_4$	130	65
$P_5$	145	65
Capacidade	100	74

Prop_Entrep	Produção diária	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
$P_1$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_2$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_3$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_4$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00
$P_5$	29.00	8.00	1.50	2.00	13.00	2.45	1.00

Na seqüência tem-se a função objetivo criada pelo programa ROTEA e usada pelo *Software Lingo* para a resolução do programa linear.

Função objetivo;

model:

```
min= 97.5*X111 + 202.5*X112 + 97.5*X121 + 202.5*X122 + 159.25*X131 +
330.75*X132 + 67.5*X211 + 175.5*X212 + 67.5*X221 + 175.5*X222 + 110.25*X231 +
286.65*X232 + 63*X311 + 60*X312 + 63*X321 + 60*X322 + 102.9*X331 +
98*X332 + 195*X411 + 97.5*X412 + 195*X421 + 97.5*X422 + 318.5*X431 +
159.25*X432 + 217.5*X511 + 97.5*X512 + 217.5*X521 + 97.5*X522 + 355.25*X531 +
159.25*X532;
```

! restrição 1: capacidades dos entrepostos ;

```
8*X111 + 8*X121 + 13*X131 + 8*X211 + 8*X221 + 13*X231 + 8*X311 + 8*X321 +
13*X331 + 8*X411 + 8*X421 + 13*X431 + 8*X511 + 8*X521 + 13*X531 < 100;
8*X112 + 8*X122 + 13*X132 + 8*X212 + 8*X222 + 13*X232 + 8*X312 + 8*X322 +
13*X332 + 8*X412 + 8*X422 + 13*X432 + 8*X512 + 8*X522 + 13*X532 < 74;
```

! restrição 2: viagem tem que ser única;

```
X111 + X112 = 1;
```

```
X121 + X122 = 1;
```

```
X131 + X132 = 1;
```

```
X211 + X212 = 1;
```

```
X221 + X222 = 1;
```

```
X231 + X232 = 1;
```

```
X311 + X312 = 1;
```

```
X321 + X322 = 1;
```

```
X331 + X332 = 1;
```

```
X411 + X412 = 1;
```

```
X421 + X422 = 1;
```

```
X431 + X432 = 1;
```

```
X511 + X512 = 1;
```

```
X521 + X522 = 1;
```

```
X531 + X532 = 1;
```

```
@bin(X111);
```

```
@bin(X112);
```

```

@bin(X121);
@bin(X122);
@bin(X131);
@bin(X132);
@bin(X211);
@bin(X212);
@bin(X221);
@bin(X222);
@bin(X231);
@bin(X232);
@bin(X311);
@bin(X312);
@bin(X321);
@bin(X322);
@bin(X331);
@bin(X332);
@bin(X411);
@bin(X412);
@bin(X421);
@bin(X422);
@bin(X431);
@bin(X432);
@bin(X511);
@bin(X512);
@bin(X521);
@bin(X522);
@bin(X531);
@bin(X532);
data:
@text('C:\Arquivos de programas\ADALBERTO\dados\dados5C.res') =
X111,X112,X121,X122,X131,X132,X211,X212,X221,X222,X231,X232,X311,X312,X321,
X322,X331,X332,X411,X412,X421,X422,X431,X432,X511,X512,X521,X522,X531,X532;
@text( ) =
X111,X112,X121,X122,X131,X132,X211,X212,X221,X222,X231,X232,X311,X312,X321,
X322,X331,X332,X411,X412,X421,X422,X431,X432,X511,X512,X521,X522,X531,X532;
end

```

**Resultados fornecidos pelo *Software Lingo*:**

variavel	valor
X111	1.000000
X112	0.0000000
X121	1.000000
X122	0.0000000
X131	1.000000
X132	0.0000000
X211	1.000000
X212	0.0000000
X221	1.000000
X222	0.0000000
X231	1.000000
X232	0.0000000
X311	0.0000000
X312	1.000000
X321	0.0000000
X322	1.000000
X331	1.000000
X332	0.0000000
X411	0.0000000
X412	1.000000

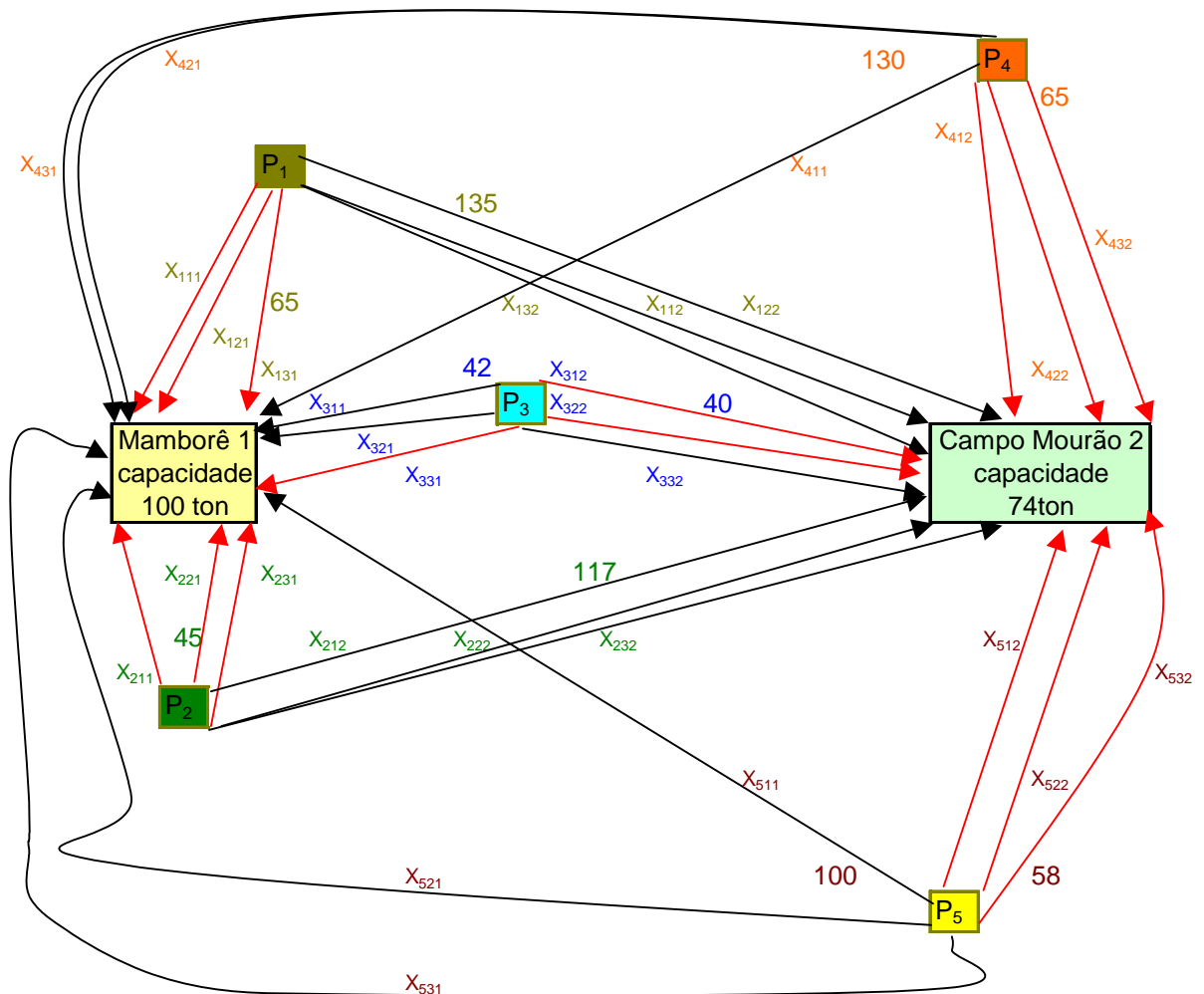
X421	0.0000000
X422	1.0000000
X431	0.0000000
X432	1.0000000
X511	0.0000000
X512	1.0000000
X521	0.0000000
X522	1.0000000
X531	0.0000000
X532	1.0000000

Assim como nos demais exemplos, é possível verificar de qual propriedade partiu a soja, para qual entreposto foi levada e de que forma foi levada. Assim, por exemplo, o resultado  $X_{221} = 1$ , significa que houve a entrega da soja partindo da propriedade 2, indo para o entreposto 1 na segunda viagem. Já para o caso do  $X_{412} = 1$ , significa que a primeira viagem da propriedade 4 foi entregue no entreposto 2. No caso de  $X_{321} = 0$ , significa que a segunda viagem da propriedade 3 não foi entregue ao entreposto 1, pois esta viagem foi entregue no entreposto 2 ( $X_{322} = 1$ ).

Na figura 28 é possível visualizar melhor ainda os resultados. As setas em vermelho indicam que houve a entrega da soja para um determinado entreposto e as setas pretas indicam que não houve a entrega. Nesse exemplo, pode-se verificar que as propriedades  $P_1$  e  $P_2$  tiveram suas entregas feitas para o entreposto 1 (Mamborê), com capacidade de 100 toneladas. Já as propriedades  $P_4$  e  $P_5$  tiveram suas entregas feitas para o entreposto 2 (Campo Mourão), com capacidade inferior, ou seja, de 74 toneladas. Nesse exemplo verifica-se ainda que a propriedade  $P_3$  teve suas entregas divididas entre os dois entrepostos, ou seja, enviou soja para Campo Mourão e para Mamborê. Na figura também é possível observar a distância entre cada propriedade e cada entreposto. Assim, o modelo proposto tem o importante papel de dimensionar a distância entre entreposto e propriedade, calcular o custo de cada caminhão por quilômetro rodado e, além disso, a capacidade de armazenamento de cada entreposto e a quantidade de soja enviada por cada propriedade.



**Figura 28:** Resultado do exemplo 3



#### 5.4 APLICAÇÃO

Esse exemplo consiste de uma aplicação prática onde foram consideradas as distâncias reais entre um produtor e todos os entrepostos da Campagro em quilômetros de estradas (não são distâncias euclidianas). Vale ressaltar que quando o recebimento dos entrepostos apresenta-se com bastante folga diária (capacidade do entreposto menos a demanda) através do uso da clusterização, o tempo de resolução é de frações de segundos e as

distâncias sempre são utilizadas as menores possíveis, conforme se percebe na tabela 10 com complementação no anexo 4.

**Tabela 10:** Quantidade de viagens realizadas entre produtor e entreposto

Produtor	Campo Mourão 1	Mamboré 2	Eng. Beltrão 3	Fenix 4	Ivaipora 5	Pitanga 6	Total Viagem com cam 13t (tipo caminhão = a)	Total Viagem com cam 15t (tipo caminhão = b)	Total Entregue em ton
p1	1;2;3;4;5;6;7						3	4	99
p2			1;2;3;4;5;6;7				5	2	95
p3	1;2;3;4;5;6						2	4	86
p4			1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12				6	6	168
p5		1;2;3;4;5;6;7					3	4	99
p6		1;2;3;4;5;6;7;8;9;10					5	5	140
p7	1;2;3;4;5;6;7						4	5	127
p8	1						1	0	13
p9					1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11		5	6	155
p10		1;2;3;4;5;6;7;8;9					5	4	125
p11						1	0	1	15
p12					1;2		1	1	28
p13					1;2;3;4;5;6;7;8		4	4	112
p14					1;2;3;4;5;6;7		3	4	99
p15						1;2;3;4;5;6;7;8	5	3	110
p16						1;2;3;4;5	2	3	71
p17						1;2;3;4;5;6	3	3	84
p18						1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12	6	6	168
p19						1;2;3;4;5	3	2	69
p20						1;2;3;4;5;6;7	4	3	97
p21	1;2;3;4;5;6						6	0	78
p22				1;2;3;4;5			2	3	71
p23					1;2;3;4;5		5	0	65
p24						1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12	6	6	168
p25	1;2;3;4;5;6;7;8						6	2	108

p482		1;2;3;4;5;6				2	4	86
p483		1;2;3;4;5;6				3	3	84
p484		1				1	0	13
p485		1;2;3;4;5;6;7;8;9				5	4	125
p486		1;2;3;4;5;6				3	3	84
p487			1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12			6	6	168
p488			1;2;3;4;5;6;7;8;9			2	6	116
p489				1;2;3;4;5;6		2	4	86
p490			1;2;3;4;5;6			6	0	78
p491			1;2;3;4;5;6;7;8;9			4	5	127
p492			1;2;3;4			0	4	60
p493			1;2;3;4;5			1	4	73
p494				1;2;3;4;5;6;7;8;9		5	4	125

Vale ressaltar que a ordem das viagens é seqüencial, ou seja, no produtor  $P_1$  a ordem das viagens com o caminhão de 13 toneladas é de 1, 2 e 3 e com o caminhão de 15 toneladas é 4, 5, 6 e 7.

E, além dessas informações, a tabela 11 mostra um resumo do recebimento da soja nos entrepostos.

**Tabela 11:** Resumo do recebimento da soja nos entrepostos

entrepasto	total de soja entregue em tonelada diaria por entreposto
Campo Mourão (1)	7637
Mamborê (2)	8356
Engenheiro Beltrão (3)	4180
Fênix (4)	11643
Ivaiporã (5)	14296
Pitanga (6)	6265
<b>Total recebido por dia</b>	<b>52377</b>

Assim, a análise feita vale apenas para o produtor  $P_{10}$  onde foi considerada bastante folga diária. Num primeiro momento, foi aplicada a clusterização e, conforme a figura 29, verifica-se que todas as viagens exigiram a designação pela menor distância, ou seja, o entreposto escolhido foi o de Mamborê. Assim, o programa ROTEA apresentou como resultado 7690 variáveis e 3343 iterações num tempo de resolução próximo de zero. Esses resultados podem ser melhor observados nas tabelas 12 e 13 e nas figuras 30, 31, 32 e 34 fornecidas pelo programa ROTEA e pelo *Lingo*.

**Figura 29:** Mapa das distâncias obtidas com clusterização



**Figura 30:** Distâncias obtidas no ROTEA

PROPRIEDADES		VIAGENS					RESULTADOS
Tabela com (494) propriedades cadastradas							
Prod_Entrep	Campo M.	Mamborê	E.Beltrão	Fenix	Ivaipora	Pitanga	
p1	21.9	47.2	25.0	45.0	110.0	120.0	
p2	23.2	33.9	12.7	32.5	42.6	75.1	
p3	9.7	25.4	38.2	85.2	95.3	86.6	
p4	22.8	28.2	22.3	145.2	203.7	68.5	
p5	18.4	13.5	28.4	95.2	121.9	71.0	
p6	23.6	23.5	65.1	119.2	166.9	68.0	
p7	9.0	22.5	28.1	124.2	180.1	63.9	
p8	3.4	29.8	41.8	124.2	193.4	60.1	
p9	95.3	105.3	55.4	85.2	26.0	30.7	
p10	25.4	23.1	61.1	49.5	64.8	85.8	
p11	121.9	148.6	82.7	95.2	46.6	11.6	
p12	166.7	110.0	96.3	119.0	34.5	34.5	
p13	180.1	110.0	110.0	124.4	23.6	31.3	
p14	193.4	110.0	123.6	128.1	18.4	40.5	
p15	82.7	64.0	137.2	95.3	43.7	18.4	
p16	105.3	110.0	115.4	95.3	46.2	14.8	
p17	82.7	65.0	320.7	95.3	54.2	4.2	
p18	105.3	63.0	175.3	95.3	46.9	27.4	
p19	85.2	95.3	105.3	115.4	47.0	29.2	
p20	145.2	203.7	262.2	320.7	65.7	10.4	
p21	12.2	21.6	120.0	167.0	110.0	56.0	
p22	56.8	95.3	42.2	16.1	71.0	119.0	
p23	118.9	168.0	110.0	56.0	42.7	43.0	
p24	55.4	72.5	116.0	18.4	21.2	145.0	
p25	23.5	28.8	96.3	62.0	95.3	82.7	

**Tabela 12:** Dados obtidos através da clusterização

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Prop_Entr eposto	Produção/dia	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
2	p1	99	13	2.45	3	15	2.7	4
3	p2	90	13	2.45	5	15	2.7	2
4	p3	86	13	2.45	2	15	2.7	4
5	p4	168	13	2.45	6	15	2.7	6
6	p5	99	13	2.45	3	15	2.7	4
7	p6	140	13	2.45	5	15	2.7	5
8	p7	127	13	2.45	4	15	2.7	5
9	p8	13	13	2.45	1	15	2.7	0
10	p9	155	13	2.45	5	15	2.7	6
11	p10	125	13	2.45	5	15	2.7	4
12	p11	15	13	2.45	0	15	2.7	1
13	p12	28	13	2.45	1	15	2.7	1
14	p13	112	13	2.45	4	15	2.7	4
15	p14	99	13	2.45	3	15	2.7	4
16	p15	110	13	2.45	5	15	2.7	3
17	p16	71	13	2.45	2	15	2.7	3
18	p17	84	13	2.45	3	15	2.7	3
19	p18	168	13	2.45	6	15	2.7	6
20	p19	69	13	2.45	3	15	2.7	2
21	p20	97	13	2.45	4	15	2.7	3
22	p21	78	13	2.45	6	15	2.7	0
23	p22	71	13	2.45	2	15	2.7	3
24	p23	65	13	2.45	5	15	2.7	0
25	p24	168	13	2.45	6	15	2.7	6
26	p25	108	13	2.45	6	15	2.7	2
27	p26	155	13	2.45	5	15	2.7	6
28	p27	103	13	2.45	1	15	2.7	6

**Tabela 13:** Distâncias obtidas com clusterização

	A	B	C	D	E	F	G
1	Prod. Entrep	Campo Mourão	Mamboré	Eng. Beltrão	Fenix	Ivaipora	Pitanga
2	p1	21.9	47.17	25	45	110	120
3	p2	23.2		12.74	32.5		
4	p3	9.7	25.36	38.24			
5	p4	22.76	28.2	22.3			
6	p5	18.36	13.53	28.36			
7	p6	23.6	23.48				
8	p7	9	22.49				
9	p8	3.4	29.8				
10	p9					26.02	30.69
11	p10	25.4	23.1				
12	p11					46.57	11.58
13	p12					34.45	34.5
14	p13					23.6	31.26
15	p14					18.4	40.47
16	p15					43.73	18.42
17	p16					46.2	14.84
18	p17					54.18	4.2
19	p18					46.9	27.36
20	p19					47.04	29.17
21	p20					65.73	10.41

**Figura 31:** Resultado das folgas obtido pelo ROTEA

PROPRIEDADES			VIAGENS		RESULTADOS
VER MODELO	LINGO	RESULTADO	A capacidade total dos entrepostos é de: 105000 A demanda total é de: 52377		

**Figura 32:** Modelo matemático obtido pelo Lingo

```

LINGO Model - dados25
! Função objetivo;
model:
min= 53.655*X111 + 115.64*X112 + 61.25*X113 + 110.25*X114 + 269.5*X115 + 294*X116 +
53.655*X121 + 115.64*X122 + 61.25*X123 + 110.25*X124 + 269.5*X125 + 294*X126 + 53.655
*X131 + 115.64*X132 + 61.25*X133 + 110.25*X134 + 269.5*X135 + 294*X136 + 59.13*X141 +
127.44*X142 + 67.5*X143 + 121.5*X144 + 297*X145 + 324*X146 + 59.13*X151 + 127.44*X152 +
67.5*X153 + 121.5*X154 + 297*X155 + 324*X156 + 59.13*X161 + 127.44*X162 + 67.5*X163 +
121.5*X164 + 297*X165 + 324*X166 + 59.13*X171 + 127.44*X172 + 67.5*X173 + 121.5*X174 +
297*X175 + 324*X176 + 56.84*X211 + 31.115*X213 + 79.625*X214 + 56.84*X221 + 31.115*X223 +
79.625*X224 + 56.84*X231 + 31.115*X233 + 79.625*X234 + 56.84*X241 + 31.115*X243 + 79.625
*X244 + 56.84*X251 + 31.115*X253 + 79.625*X254 + 62.64*X261 + 34.29*X263 + 87.75*X264 +
62.64*X271 + 34.29*X273 + 87.75*X274 + 23.765*X311 + 62.23*X312 + 93.59*X313 + 23.765
*X321 + 62.23*X322 + 93.59*X323 + 26.19*X331 + 68.58*X332 + 103.14*X333 + 26.19*X341 +
68.58*X342 + 103.14*X343 + 26.19*X351 + 68.58*X352 + 103.14*X353 + 26.19*X361 + 68.58
*X362 + 103.14*X363 + 55.86*X411 + 69.09*X412 + 54.635*X413 + 55.86*X421 + 69.09*X422 +
54.635*X423 + 55.86*X431 + 69.09*X432 + 54.635*X433 + 55.86*X441 + 69.09*X442 + 54.635

```

Variable	Value	Cost
X1011	0.000000	62.23000
X1012	1.000000	56.59500
X1021	0.000000	62.23000
X1022	1.000000	56.59500
X1031	0.000000	62.23000
X1032	1.000000	56.59500
X1041	0.000000	62.23000
X1042	1.000000	56.59500
X1051	0.000000	62.23000
X1052	1.000000	56.59500
X1061	0.000000	68.58000
X1062	1.000000	62.37000
X1071	0.000000	68.58000
X1072	1.000000	62.37000
X1081	0.000000	68.58000
X1082	1.000000	62.37000

**Figura 33:** Resultados do tempo de execução obtidos no *Lingo*

Variables		Constraints	
Total:	7690	Total:	3726
Nonlinear:	0	Nonlinear:	0
Integers:	7690		

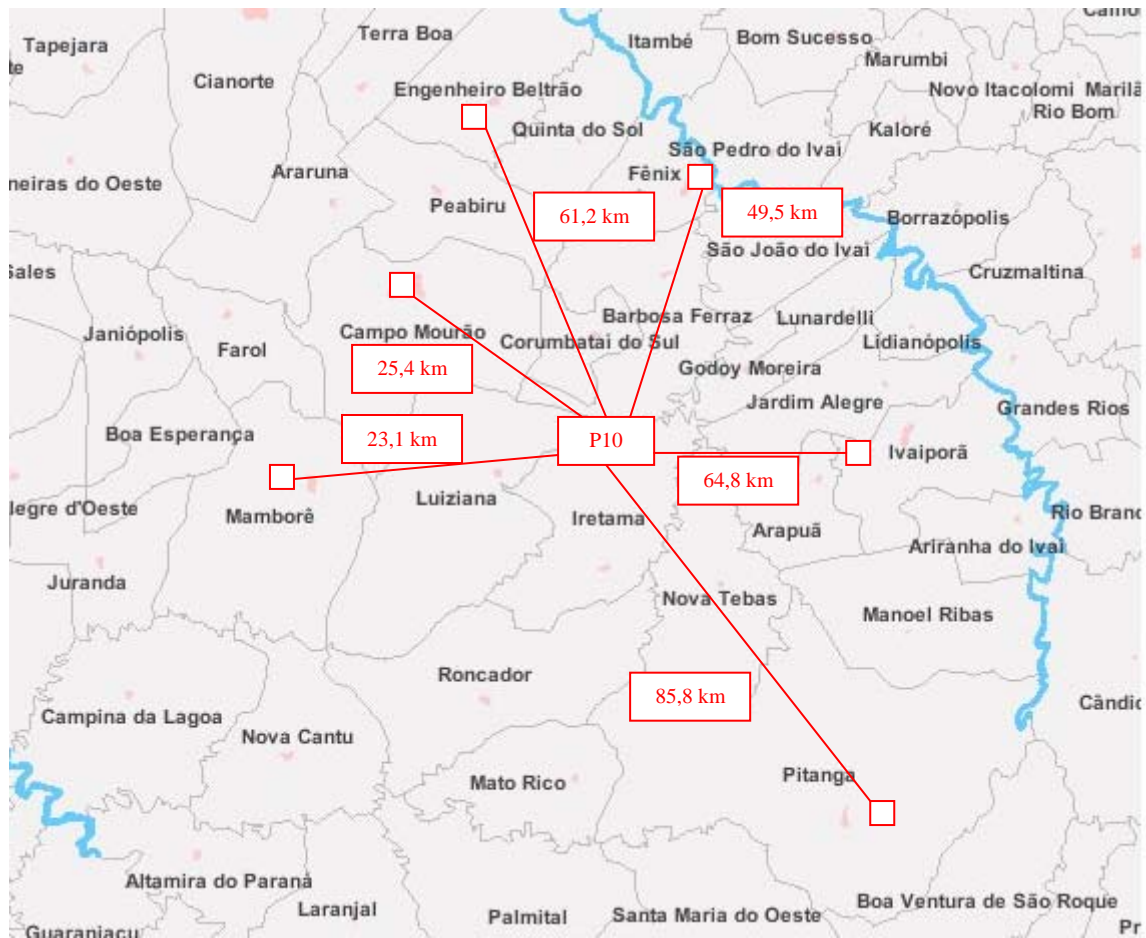
Optimizer Status		Nonzeros	
State:	Global Optimum	Total:	23079
Iterations:	3343	Nonlinear:	0
Infeasibility:	0		
Objective:	299768	Generator Memory Used (K)	4082
Best IP:	299768	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	00:00:00
IP Bound:	299768		

Update interval: 2

Num segundo momento, a análise feita levou em consideração todas as distâncias entre o produtor  $P_{10}$  e os entrepostos da Campagro. Todas as viagens levaram em consideração a menor distância entre o referido produtor e todos os entrepostos. Também nesse caso, a menor distância levou a optar pelo entreposto de Mamborê, conforme figura 34, e o programa ROTEA apresentou como resultado 22316 variáveis e 17465 iterações, em um tempo de resolução de 6 segundos. Como o número de variáveis é bastante significativo, o programa demora 1 minuto e 15 segundos para fornecer o resultado do modelo matemático. Esses resultados podem ser melhor observados nas tabelas 14 e 15 e nas figuras 35, 36, 37 e 38 fornecidas pelo programa ROTEA e pelo *Lingo*.



**Figura 34:** Todas as distâncias entre entreposto e produtor



**Tabela 14:** Dados obtidos através da clusterização

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Prod_Entrep	Produção	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
2	p1	99	13	2,45	3	15	2,7	4
3	p2	90	13	2,45	5	15	2,7	2
4	p3	86	13	2,45	2	15	2,7	4
5	p4	168	13	2,45	6	15	2,7	6
6	p5	99	13	2,45	3	15	2,7	4
7	p6	140	13	2,45	5	15	2,7	5
8	p7	127	13	2,45	4	15	2,7	5
9	p8	13	13	2,45	1	15	2,7	0
10	p9	155	13	2,45	5	15	2,7	6
11	<b>p10</b>	<b>125</b>	<b>13</b>	<b>2,45</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>2,7</b>	<b>4</b>
12	p11	15	13	2,45	0	15	2,7	1
13	p12	28	13	2,45	1	15	2,7	1
14	p13	112	13	2,45	4	15	2,7	4
15	p14	99	13	2,45	3	15	2,7	4
16	p15	110	13	2,45	5	15	2,7	3
17	p16	71	13	2,45	2	15	2,7	3
18	p17	84	13	2,45	3	15	2,7	3
19	p18	168	13	2,45	6	15	2,7	6
20	p19	69	13	2,45	3	15	2,7	2
21	p20	97	13	2,45	4	15	2,7	3



Tabela 15: Distâncias obtidas com clusterização

	A	B	C	D	E	F	G
1	Prod. Entrep	Campo Mc	Mamboré	Eng. Beltrã	Fenix	Ivaipora	Pitanga
2	p1	21.9	47.2	25	45	110	120
3	p2	23.2	33.9	12.7	32.5	42.6	75.1
4	p3	9.7	25.4	38.2	85.2	95.3	86.6
5	p4	22.8	28.2	22.3	145.2	203.7	68.5
6	p5	18.4	13.5	28.4	95.2	121.9	71
7	p6	23.6	23.5	65.1	119.2	166.9	68
8	p7	9	22.5	28.1	124.2	180.1	63.9
9	p8	3.4	29.8	41.8	124.2	193.4	60.1
10	p9	95.3	105.3	55.4	85.2	26	30.7
11	p10	25.44	23.1	61.12	49.5	64.8	85.8
12	p11	121.9	148.6	82.7	95.2	46.6	11.6
13	p12	166.7	110	96.3	119	34.5	34.5
14	p13	180.1	110	110	124.4	23.6	31.3
15	p14	193.4	110	123.6	128.1	18.4	40.5
16	p15	82.7	64	137.2	95.3	43.7	18.4
17	p16	105.3	110	115.4	95.3	46.2	14.8
18	p17	82.7	65	320.7	95.3	54.2	4.2
19	p18	105.3	63	175.3	95.3	46.9	27.4
20	p19	85.2	95.3	105.3	115.4	47	29.2
21	p20	145.2	203.7	262.2	320.7	65.7	10.4

Figura 35: Resultado das folgas obtido no ROTEA

PROPRIEDADES VIAGENS RESULTADOS

VER MODELO LINGO RESULTADO

A capacidade total dos entrepostos é de: 105000  
A demanda total é de: 52377

Figura 36: Modelo matemático obtido no Lingo

LINGO Model - dados25completo

! Função objetivo:  
model:  
min= 53.655\*X111 + 115.64\*X112 + 61.25\*X113 + 110.25\*X114 + 269.5\*X115 + 294\*X116 + 53.655\*X121 + 115.64\*X122 + 61.25\*X123 + 110.25\*X124 + 269.5\*X125 + 294\*X126 + 53.655\*X131 + 115.64\*X132 + 61.25\*X133 + 110.25\*X134 + 269.5\*X135 + 294\*X136 + 59.13\*X141 + 127.44\*X142 + 67.5\*X143 + 121.5\*X144 + 297\*X145 + 324\*X146 + 59.13\*X151 + 127.44\*X152 + 67.5\*X153 + 121.5\*X154 + 297\*X155 + 324\*X156 + 59.13\*X161 + 127.44\*X162 + 67.5\*X163 + 121.5\*X164 + 297\*X165 + 324\*X166 + 59.13\*X171 + 127.44\*X172 + 67.5\*X173 + 121.5\*X174 + 297\*X175 + 324\*X176 + 56.84\*X211 + 83.055\*X212 + 31.115\*X213 + 79.625\*X214 + 104.37\*X215 + 183.995\*X216 + 56.84\*X221 + 83.055\*X222 + 31.115\*X223 + 79.625\*X224 + 104.37\*X225 + 183.995\*X226 + 56.84\*X231 + 83.055\*X232 + 31.115\*X233 + 79.625\*X234 + 104.37\*X235 + 183.995\*X236 + 56.84\*X241 + 83.055\*X242 + 31.115\*X243 + 79.625\*X244 + 104.37\*X245 + 183.995\*X246 + 56.84\*X251 + 83.055\*X252 + 31.115\*X253 + 79.625\*X254 + 104.37\*X255 + 183.995\*X256 + 62.64\*X261 + 91.53\*X262 + 34.29\*X263 + 87.75\*X264 + 115.02\*X265 + 202.77\*X266 + 62.64\*X271 + 91.53\*X272 + 34.29\*X273 + 87.75\*X274 + 115.02\*X275 + 202.77\*X276 + 23.765\*X311 + 62.23\*X312 + 93.59\*X313 + 208.74\*X314 + 233.485\*X315 + 212.17\*X316 + 23.765

Solution Report - dados25completo

X1011	0.0000000	62.23000
X1012	1.0000000	56.59500
X1013	0.0000000	149.6950
X1014	0.0000000	121.2750
X1015	0.0000000	158.7600
X1016	0.0000000	210.2100
X1021	0.0000000	62.23000
X1022	1.0000000	56.59500
X1023	0.0000000	149.6950
X1024	0.0000000	121.2750
X1025	0.0000000	158.7600
X1026	0.0000000	210.2100
X1031	0.0000000	62.23000
X1032	1.0000000	56.59500
X1033	0.0000000	149.6950
X1034	0.0000000	121.2750

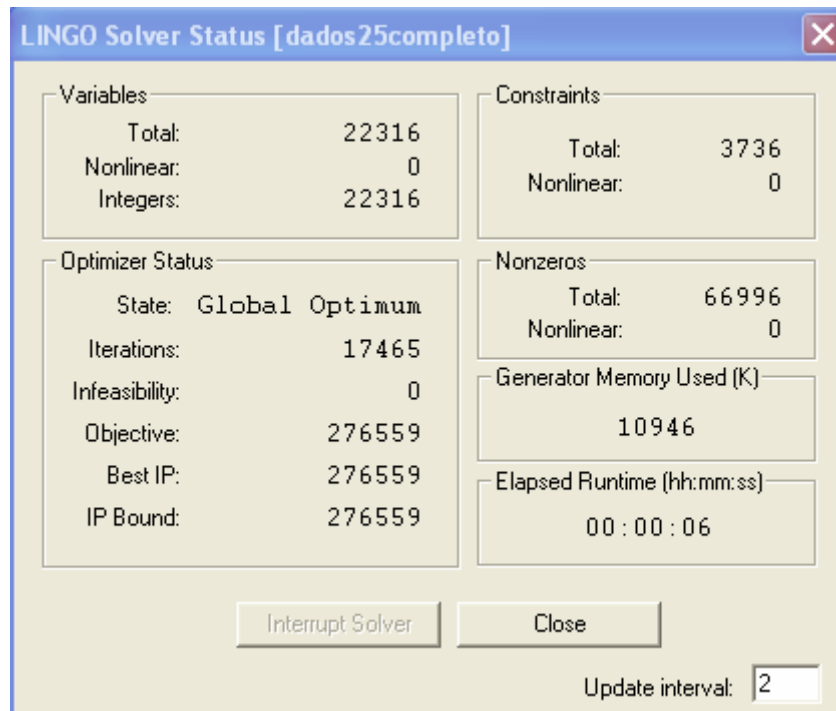
Figura 37: Distâncias obtidas no ROTEA

PROPRIEDADES VIAGENS RESULTADOS

Tabela com (494) propriedades cadastradas

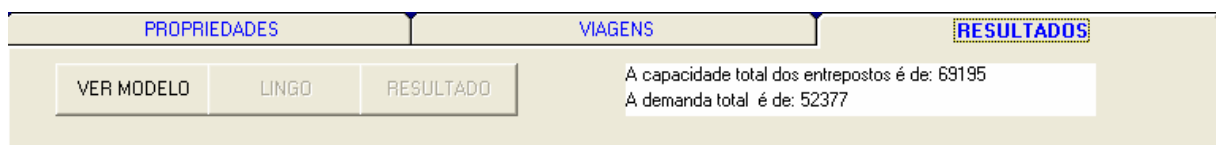
Prod_Entrep	Campo M.	Mamborê	E.Beltrão	Fenix	Ivaipora	Pitanga
p1	21.9	47.2	25.0	45.0	110.0	120.0
p2	23.2	33.9	12.7	32.5	42.6	75.1
p3	9.7	25.4	38.2	95.2	95.3	86.6
p4	22.8	28.2	22.3	145.2	203.7	68.5
p5	18.4	13.5	28.4	95.2	121.9	71.0
p6	23.6	23.5	65.1	119.2	166.9	68.0
p7	9.0	22.5	28.1	124.2	180.1	63.9
p8	3.4	29.8	41.8	124.2	193.4	60.1
p9	95.3	105.3	55.4	85.2	26.0	30.7
p10	25.4	23.1	61.1	49.5	64.8	85.8
p11	121.9	148.6	82.7	95.2	46.6	11.6
p12	166.7	110.0	96.3	119.0	34.5	34.5
p13	180.1	110.0	110.0	124.4	23.6	31.3
p14	193.4	110.0	123.6	128.1	18.4	40.5
p15	82.7	64.0	137.2	95.3	43.7	18.4
p16	105.3	110.0	115.4	95.3	46.2	14.8
p17	82.7	65.0	320.7	95.3	54.2	4.2
p18	105.3	63.0	175.3	95.3	46.9	27.4
p19	85.2	95.3	105.3	115.4	47.0	29.2
p20	145.2	203.7	262.2	320.7	65.7	10.4
p21	12.2	21.6	120.0	167.0	110.0	56.0
p22	56.8	95.3	42.2	16.1	71.0	119.0
p23	118.9	168.0	110.0	56.0	42.7	43.0
p24	55.4	72.5	116.0	18.4	21.2	145.0
p25	23.5	28.8	96.3	62.0	95.3	82.7

**Figura 38:** Resultados do tempo de execução obtidos no *Lingo*

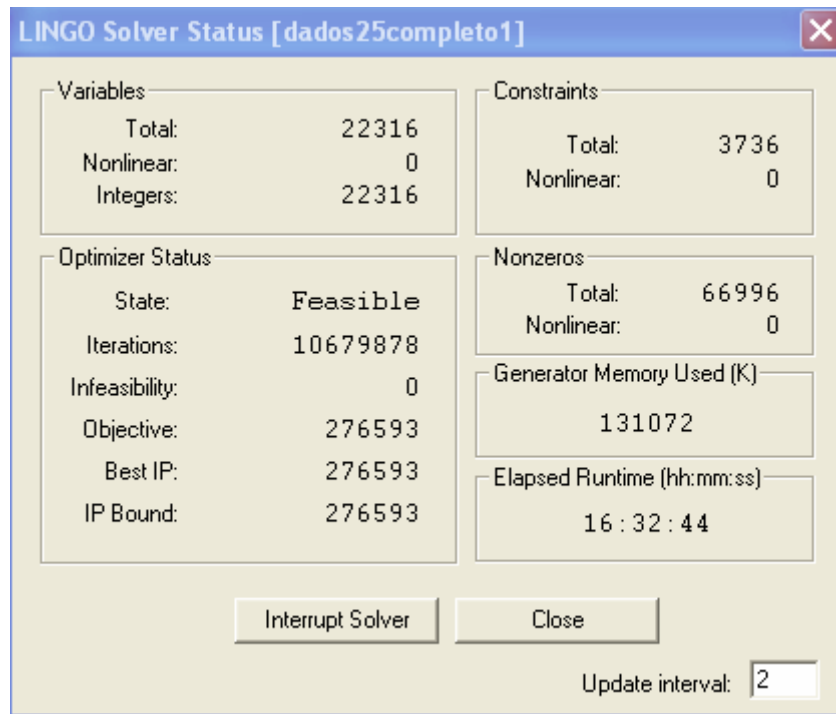


Num terceiro momento, a análise feita levou em consideração todas as distâncias entre os produtores e os entrepostos da Campagro. Com uma folga pequena, conforme figura 39, o tempo de execução passa a ser de várias horas, como mostra a figura 40. Portanto, nesse caso, torna-se inviável devido ao fato de que a programação para o recebimento da soja é diário.

**Figura 39:** Resultado das folgas obtido pelo ROTEA



**Figura 40:** Resultados do tempo de execução obtidos no *Lingo*



Dessa forma, pode-se finalizar afirmando que o modelo matemático proposto tem a ampla capacidade de atingir o objetivo proposto, ou seja, ele oferece subsídios suficientes para que a empresa Campagro consiga a maximização da receita proveniente da logística (estratégias do processo de obtenção, recebimento armazenamento e distribuição de grãos) visando a posterior comercialização ou exportação, quando o preço esperado poderá ser mais elevado em função da sazonalidade e a um custo mínimo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 CONCLUSÃO

Com vistas a satisfazer as premissas de que um sistema de roteamento pode ser considerado como um conjunto organizado de meios que objetiva o atendimento de demandas localizadas nos arcos ou nos vértices de alguma rede de transportes, esta dissertação apresentou um programa computacional que trabalha com uma heurística para reduzir variáveis binárias em um Problema de Programação Linear que otimiza a maximização da receita proveniente da logística (estratégias do processo de obtenção, recebimento armazenamento e distribuição de grãos) visando a posterior comercialização ou exportação. Para todas as instâncias submetidas, apresentou resultados de boa qualidade em termos de otimização da função objetivo, do número ideal de *clusters* e tempo de processamento. Além disso, nessa abordagem, enquanto reduz a cardinalidade do conjunto de entrada, tira proveito desta redução para abreviar o processo de busca, fato este comprovado pela capacidade do algoritmo de encontrar a solução nas primeiras gerações mesmo numa população pequena de indivíduos.

Como resultado final, pôde-se esperar promover a redução de fila para recebimento e distribuição dos grãos e diminuição dos custos operacionais efetuando o dimensionamento racional da frota, bem como sua programação diária, atendendo às necessidades de distribuição física da indústria a partir da simulação de entregas e da criação de rotas, explicitando a operação de entrega do dia considerado. Logo, o dimensionamento da frota foi o que possibilita a entrega da totalidade de encomendas diárias ao menor custo de transporte. Para tanto, fez-se uso do *Software Lingo*, ferramenta computacional que combina duas características fundamentais para as indústrias deste porte, que são a facilidade de manuseio e o baixo investimento inicial. Além disso, os resultados obtidos pelo programa computacional ROTEA reduziram consideravelmente o número de variáveis binárias de tal maneira que se obteve as menores distâncias das propriedades até os entrepostos. No entanto, é de extrema importância que se mencione o fato de que se a clusterização não for bem elaborada, pode causar demora na obtenção dos resultados ou até mesmo casos de infactibilidade, ou seja, o modelo matemático não apresenta resultado, como é o caso de em dois entrepostos mais

próximos não derem conta da demanda diária, o que faz a necessidade de se ter mais viagens realizadas entre o produtor e os entrepostos.

No entanto, quando se tem uma folga muito grande na capacidade diária dos entrepostos, o tempo de resolução da programação linear com ou sem clusterização acontece em apenas alguns segundos, como mostram as figuras 33 e 38. Mas, quando a folga é pequena, o tempo passa a ser de várias horas, como mostra a figura 40. O programa ROTEIA se mostrou também eficiente para entrada de dados (onde foram elaborados no *Excel*) do modelo matemático e o *Lingo* para resolver. Vale ressaltar também que a heurística de simplificar, que considerou somente duas ou três possibilidades de entrega para a resolução do problema, é mais viável porque a Campagro atua com uma programação diária de entrega e o fato de se considerar todas as possibilidades, ou seja, todos os entrepostos e todos os proprietários, faz com que haja uma infactibilidade no modelo matemático proposto.

Assim, a administração da Campagro teve, com este modelo, uma melhora no recebimento da safra da soja, evitando grandes transtornos e diminuindo filas para a entrega dos produtores, o que garante uma maior satisfação destes em entregar as safras na empresa. E ainda, houve uma grande diminuição nos gastos, haja vista que as distâncias escolhidas pelo programa foram as menores possíveis, o que garante um maior preço da soja devido à sazonalidade do produto.

Finalizando, é importante mencionar que o modelo aqui proposto foi construído para o município de Campo Mourão, segundo as preferências de um grupo específico de decisores. Portanto, a utilização deste modelo por outros órgãos gestores não é pertinente. A existência de realidades diferentes, seja com relação às características físicas e operacionais do sistema de transportes, como também nas convicções dos tomadores de decisão, comprometeria a sua utilização.

## 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- 1) Com o resultado do programa, pode-se trabalhar com a teoria das filas para o recebimento programado dos caminhões tendo em vista o tempo de descarga do caminhão, evitando assim as filas de caminhão.

- 2) Fazer um trabalho considerando o recebimento para soja seca tratada e simultaneamente para a soja sem tratamento (úmida e suja).
- 3) Criar um programa computacional de otimização (possivelmente baseado em heurísticas) que não utilize o *Lingo* e nenhum outro *software* pronto para a realização de modelos matemáticos.
- 4) Utilizar o programa ROTEA para se trabalhar com um maior número de entrepostos e, conseqüentemente, um maior número de propriedades.
- 5) Fazer alterações na heurística de clusterização, aumentando ou diminuindo a quantidade de entrepostos por *cluster*. Ou mesmo desenvolver um novo modelo que *clusterize* o problema mais adequadamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. A. S. B. **Viabilidade econômica e localização de unidade produtora de farinha de milho para utilização em mistura com o trigo no estado de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1981, 159 p.

ARC VIEW. <<http://www.esri.com>> Acesso em 15 de março de 2005.

ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Curitiba: UFPR, 1997, 98 f.

BATTITI, R. e BERTOSSI, A. **Greedy, prohibition, and reactive heuristics for graph partitioning.** IEEE Transactions on Computers, 1999.

BATTITI, R., BERTOSSI, A. e CAPPELLETTI, A. **Multilevel reactive tabu search for graph partitioning.** Preprint UTM 554, Dip. Mat., Univ. Trento, Itália, 1999.

BEN-DOR, A., SHAMIR, R. e YAKHINI, Z. **Clustering gene expression patterns.** Journal of Computational Biology, vol. 6, pp. 281-297, 1998.

BERKHIN, P. **Survey of clustering data mining techniques.** Accrue Software, 2002.

BODIN, L. D. **Routing and scheduling of vehicles and crew, the state of the art.** Computers & Ops. Res. 10, 69-211. 1983.

BROWN, C. G. & DRYNAN, R. G. **Plant location analysis using discrete stochastic programming.** The Australian Journal of Agricultural Economics, 30 (1), 1-22, Abr., 1986.

BROWN, E.; FATHI, Y. & SOWELL, R. **Linear programming applied to facility location problem.** Applied engineering in agriculture, 12(1), 105-110. Resumo em CAB abstracts on CD-ROM, 1996-98/7,1996.

BULHÕES, R.; CAIXETA FILHO, J. V. **Análise da distribuição logística da soja na região centro-sul do Brasil através de um modelo de equilíbrio espacial.** Disponível em [www.upf.tche.br](http://www.upf.tche.br), acessado em fevereiro 2004.

CANZIANI, J. R. F. **Simulação sobre a implantação da indústria de suco concentrado de laranja no estado do Paraná.** Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1991, 111 p.

CARVALHO, J. M. V.; CARVALHO, M. S.; OLIVEIRA, J. A. **Programação de operação em sistemas com tempo de processamento variável.** Pesquisa operacional, v.22, n.3, p.323-344, julho a dezembro de 2002.

CHRISTOFIDES, N. **Graph theory: an algorithmic approach.** New York: Academic Press Inc, London, 1982.



CLARK, G., WRIGHT, J. W. **Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points.** Operations Research, v.12, p.568-581, 1964.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Governo Federal. **Soja.** 2004

CRUZ, J. C. DE E. **Eficiência locacional e dimensões econômicas de unidades armazenadoras no estado de Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990, 97 p.

DANTZIG, G. B. **Linear programming and extensions.** Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1963.

DREZNER, Z. **Facility location:** a survey of applications and methods. Springer - Verlag New York, USA, 1995, 571 p.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. *Soja: informações técnicas.* Dourados: Embrapa-CPAO, 2004, 267 p.

GALVÃO, R. D.; CHIYOSHI, F. Y; ESPEJO, L. G. A.; RIVAS, M. P. A. **Solução do problema de máxima disponibilidade utilizando o modelo hipercubo.** Pesquisa Operacional, vol 23, nº 1, janeiro a abril, 2003, p.61-78.

GAMEIRO, A H.; CAIXETA FILHO, J. V. **A logística de uma cooperativa orizícola:** uma aplicação de programação linear. Disponível em [www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br), acessado em fevereiro, 2004.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. **Otimização combinatória e programação linear:** modelos e algoritmos. Rio de Janeiro: Campus, 2000, 649 p.

GOLDEN, B.; ASSAD, A.; LEVY, L.; GHEYSENS, F. **The fleet size and mix vehicle routing problem.** Comput. & Ops Res., v. 11, n. 1, p. 49-66, 1984.

GOMES, R. T. **Heurísticas para o problema de dimensionamento e roteirização de uma frota heterogênea utilizando o algoritmo out-of-kilter.** Disponível em <http://sibicce.usp.br>, acessado em 09 de fevereiro de 2004.

HAKIMI, S. L. **Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph.** Operations Research, 12, 450-459, 1964.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/território>> Acesso em 26 novembro 2004.

JORNAL Tribuna Rural de Campo Mourão, domingo, 7 de novembro de 2004, p. 5.

LAND, A. H.; DOIG, A G. **An automatic method of solving discrete programming problems.** Econometrica, v. 28, p.497-520, 1960.

LOPES, R. L.; CAIXETA FILHO, J. V. **Suinocultura no Estado de Goiás: aplicação de um modelo de localização.** Pesquisa Operacional, vol 20, nº2, dezembro 2000, p. 213-232.

LORENA, L. A. N.; SENNE, E. L. E.; PAIVA, J. A. C.; MARCONDES, S. P. B. **Integração de um modelo de  $p$ -medianas a sistemas de informações geográficas**. Disponível em [www.lac.inpebracessado](http://www.lac.inpebracessado) em fevereiro de 2004.

LOVE, R. F.; MORRIS, J. G.; WESOLOWSKY, G. O. **Facilities location: models methods**. New York: Elsevier Science Publishing Co, 1988.

MARQUES; K. W. B. **Preferência declarada aplicada à alocação ótima de alunos às escolas: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia. Departamento de Matemática. Universidade Federal do Paraná, 2003.

MARTINS, B. B. B.; FONSECA, A. P. E.; SILVA, E. P. S. **Análises de sistemas logísticos de distribuição física em indústrias agroalimentares aplicando simulação e sistemas informação geográficas**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Campos Jordão, nov. 2001, p. 516-527.

NARCISO, M. G.; LORENA, L. A. N.; SENNE, E. L. F.. **Sistemas de apoio à decisão para problemas de localização e roteamento**. EMPRAPA, Boletim de apoio à pesquisa n° 7, 2002.

NOVAES, A. G.; ROSSETO, C. F. **Localização de depósitos numa rede logística com auxílio de GIS**. Anais do 7º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET. São Paulo, vol 2, p.606-616, 1993.

NUNES, L. F. **Um algoritmo heurístico para a solução de problemas de grande escala de localização de instalações com hierarquias**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produções. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

RIBEIRO, G. M.; CAMPOS, V. B. G. **Um procedimento para roteamento e programação de veículos usando a heurística de ganhos para o planejamento estratégicos**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Campos do Jordão, novembro de 2001, p. 785-795.

SALKIN, H. M. **Integer programming**. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1975.

SILVA, T. C. L. **O problema da programação de horários de trabalho considerado referência e hierarquia: aplicação a uma escala de plantão de militares**. Dissertação de Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia. Departamento de Matemática. Universidade Federal do Paraná, 2002.

SOARES, M. G.; GALVANI, P. R. C.; CAIXETA FILHO, J. V. **Transporte de soja em grãos e farelo de soja no Brasil**. Preços agrícolas, Piracicaba, ano 11, n.26, p.26-29, abr., 1997.

SPRING. <<http://www.dpi.inpe.br/spring>> Acesso em 15 de março de 2005 .

STEINER, M. T. A.; ZAMBONI, L. V. S.; COSTA, D. M. B.; CARNIERI, C.; SILVA, A. L. **O problema de roteamento do transporte escolar**. Pesquisa Operacional, vol 20, n°1, junho 2000, p.83-99.

TEITZ, M. B. e BART, P. **Heuristics methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph**. Operations Research, 16, p. 955-961, 1968.

ZIONTS, S. **Linear and integer programming**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1974.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Produção diária de cada produtor e quantidade de viagem

Prod_Entrep	Produção diária	caminhão1	custo/Km	viagens	caminhão2	custo/Km	viagens
p1	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p2	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p3	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p4	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p5	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p6	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p7	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p8	13	13	2,45	1	15	2,7	0
p9	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p10	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p11	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p12	28	13	2,45	1	15	2,7	1
p13	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p14	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p15	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p16	71	13	2,45	2	15	2,7	3
p17	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p18	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p19	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p20	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p21	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p22	71	13	2,45	2	15	2,7	3
p23	65	13	2,45	5	15	2,7	0
p24	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p25	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p26	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p27	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p28	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p29	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p30	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p31	129	13	2,45	3	15	2,7	6
p32	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p33	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p34	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p35	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p36	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p37	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p38	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p39	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p40	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p41	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p42	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p43	116	13	2,45	2	15	2,7	6
p44	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p45	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p46	103	13	2,45	1	15	2,7	6

p47	45	13	2,45	0	15	2,7	3
p48	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p49	88	13	2,45	1	15	2,7	5
p50	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p51	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p52	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p53	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p54	123	13	2,45	6	15	2,7	3
p55	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p56	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p57	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p58	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p59	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p60	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p61	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p62	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p63	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p64	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p65	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p66	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p67	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p68	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p69	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p70	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p71	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p72	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p73	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p74	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p75	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p76	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p77	28	13	2,45	1	15	2,7	1
p78	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p79	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p80	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p81	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p82	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p83	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p84	71	13	2,45	2	15	2,7	3
p85	65	13	2,45	5	15	2,7	0
p86	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p87	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p88	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p89	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p90	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p91	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p92	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p93	28	13	2,45	1	15	2,7	1
p94	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p95	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p96	71	13	2,45	2	15	2,7	3
p97	69	13	2,45	3	15	2,7	2

p98	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p99	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p100	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p101	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p102	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p103	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p104	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p105	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p106	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p107	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p108	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p109	28	13	2,45	1	15	2,7	1
p110	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p111	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p112	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p113	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p114	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p115	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p116	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p117	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p118	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p119	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p120	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p121	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p122	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p123	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p124	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p125	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p126	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p127	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p128	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p129	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p130	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p131	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p132	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p133	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p134	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p135	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p136	28	13	2,45	1	15	2,7	1
p137	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p138	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p139	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p140	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p141	65	13	2,45	5	15	2,7	0
p142	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p143	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p144	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p145	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p146	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p147	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p148	60	13	2,45	0	15	2,7	4

p149	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p150	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p151	129	13	2,45	3	15	2,7	6
p152	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p153	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p154	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p155	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p156	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p157	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p158	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p159	129	13	2,45	3	15	2,7	6
p160	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p161	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p162	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p163	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p164	116	13	2,45	2	15	2,7	6
p165	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p166	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p167	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p168	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p169	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p170	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p171	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p172	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p173	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p174	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p175	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p176	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p177	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p178	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p179	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p180	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p181	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p182	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p183	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p184	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p185	129	13	2,45	3	15	2,7	6
p186	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p187	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p188	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p189	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p190	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p191	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p192	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p193	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p194	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p195	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p196	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p197	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p198	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p199	140	13	2,45	5	15	2,7	5



p200	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p201	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p202	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p203	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p204	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p205	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p206	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p207	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p208	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p209	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p210	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p211	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p212	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p213	71	13	2,45	2	15	2,7	3
p214	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p215	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p216	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p217	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p218	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p219	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p220	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p221	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p222	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p223	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p224	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p225	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p226	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p227	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p228	116	13	2,45	2	15	2,7	6
p229	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p230	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p231	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p232	90	13	2,45	5	15	2,7	2
p233	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p234	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p235	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p236	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p237	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p238	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p239	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p240	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p241	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p242	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p243	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p244	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p245	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p246	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p247	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p248	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p249	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p250	114	13	2,45	3	15	2,7	5

p251	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p252	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p253	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p254	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p255	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p256	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p257	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p258	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p259	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p260	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p261	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p262	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p263	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p264	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p265	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p266	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p267	13	13	2,45	1	15	2,7	0
p268	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p269	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p270	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p271	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p272	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p273	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p274	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p275	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p276	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p277	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p278	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p279	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p280	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p281	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p282	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p283	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p284	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p285	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p286	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p287	88	13	2,45	1	15	2,7	5
p288	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p289	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p290	123	13	2,45	6	15	2,7	3
p291	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p292	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p293	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p294	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p295	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p296	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p297	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p298	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p299	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p300	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p301	127	13	2,45	4	15	2,7	5

p302	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p303	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p304	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p305	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p306	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p307	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p308	13	13	2,45	1	15	2,7	0
p309	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p310	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p311	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p312	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p313	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p314	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p315	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p316	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p317	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p318	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p319	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p320	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p321	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p322	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p323	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p324	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p325	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p326	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p327	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p328	88	13	2,45	1	15	2,7	5
p329	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p330	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p331	123	13	2,45	6	15	2,7	3
p332	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p333	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p334	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p335	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p336	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p337	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p338	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p339	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p340	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p341	123	13	2,45	6	15	2,7	3
p342	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p343	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p344	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p345	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p346	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p347	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p348	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p349	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p350	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p351	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p352	127	13	2,45	4	15	2,7	5

p353	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p354	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p355	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p356	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p357	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p358	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p359	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p360	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p361	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p362	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p363	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p364	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p365	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p366	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p367	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p368	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p369	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p370	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p371	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p372	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p373	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p374	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p375	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p376	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p377	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p378	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p379	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p380	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p381	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p382	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p383	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p384	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p385	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p386	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p387	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p388	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p389	101	13	2,45	2	15	2,7	5
p390	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p391	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p392	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p393	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p394	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p395	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p396	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p397	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p398	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p399	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p400	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p401	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p402	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p403	69	13	2,45	3	15	2,7	2

p404	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p405	110	13	2,45	5	15	2,7	3
p406	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p407	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p408	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p409	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p410	71	13	2,45	2	15	2,7	3
p411	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p412	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p413	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p414	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p415	129	13	2,45	3	15	2,7	6
p416	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p417	52	13	2,45	4	15	2,7	0
p418	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p419	26	13	2,45	2	15	2,7	0
p420	15	13	2,45	0	15	2,7	1
p421	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p422	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p423	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p424	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p425	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p426	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p427	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p428	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p429	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p430	26	13	2,45	2	15	2,7	0
p431	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p432	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p433	90	13	2,45	0	15	2,7	6
p434	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p435	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p436	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p437	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p438	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p439	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p440	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p441	129	13	2,45	3	15	2,7	6
p442	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p443	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p444	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p445	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p446	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p447	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p448	123	13	2,45	6	15	2,7	3
p449	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p450	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p451	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p452	138	13	2,45	4	15	2,7	6
p453	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p454	168	13	2,45	6	15	2,7	6

p455	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p456	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p457	30	13	2,45	0	15	2,7	2
p458	112	13	2,45	4	15	2,7	4
p459	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p460	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p461	108	13	2,45	6	15	2,7	2
p462	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p463	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p464	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p465	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p466	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p467	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p468	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p469	103	13	2,45	1	15	2,7	6
p470	140	13	2,45	5	15	2,7	5
p471	114	13	2,45	3	15	2,7	5
p472	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p473	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p474	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p475	99	13	2,45	3	15	2,7	4
p476	155	13	2,45	5	15	2,7	6
p477	153	13	2,45	6	15	2,7	5
p478	69	13	2,45	3	15	2,7	2
p479	97	13	2,45	4	15	2,7	3
p480	88	13	2,45	1	15	2,7	5
p481	82	13	2,45	4	15	2,7	2
p482	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p483	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p484	13	13	2,45	1	15	2,7	0
p485	125	13	2,45	5	15	2,7	4
p486	84	13	2,45	3	15	2,7	3
p487	168	13	2,45	6	15	2,7	6
p488	116	13	2,45	2	15	2,7	6
p489	86	13	2,45	2	15	2,7	4
p490	78	13	2,45	6	15	2,7	0
p491	127	13	2,45	4	15	2,7	5
p492	60	13	2,45	0	15	2,7	4
p493	73	13	2,45	1	15	2,7	4
p494	125	13	2,45	5	15	2,7	4

## ANEXO 2

### Distância do produtor ao entreposto com clusterização

Prod_Entrep	Campo Mourão	Mamborê	Eng_Beltrão	Fenix	Ivaipora	Pitanga
p1	21,9	47,17	25	45	110	120
p2	23,2		12,74	32,5		
p3	9,7	25,36	38,24			
p4	22,76	28,2	22,3			
p5	18,36	13,53	28,36			
p6	23,6	23,48				
p7	9	22,49				
p8	3,4	29,8				
p9					26,02	30,69
p10	25,4	23,1				
p11					46,57	11,58
p12					34,45	34,5
p13					23,6	31,26
p14					18,4	40,47
p15					43,73	18,42
p16					46,2	14,84
p17					54,18	4,2
p18					46,9	27,36
p19					47,04	29,17
p20					65,73	10,41
p21	12,16	21,63				
p22			42,2	16,06		
p23					42,67	42,96
p24				18,44	21,24	
p25	23,53	28,8				
p26	16,1		14,25	29,18		
p27	35,11		16,25	8		
p28				21,68	26,69	
p29				25,56	19,26	
p30					29,58	23,41
p31					36	26,33
p32	47,23				42,51	43,7
p33		42,69				49,96
p34	23,27	29,51				
p35	17,24		25,72			
p36	39,99	29,7				
p37	23,12	24,23				
p38	20,66	9,21				
p39	26,59		18,4			
p40	33,07		7,08			
p41	33,76			29,91		
p42					27,28	21,7
p43	22,49		18,74	16,62		
p44			19,54	13,08		
p45					13,13	22,86
p46					38,07	14,21

p47				35,15	27,74	
p48	30,89			30,62		
p49	19,3	23,07				
p50	23	38				
p51	52,1	52,55				
p52				36,25	34,35	
p53				40,19	16,13	
p54				19,73	37,08	
p55				42,59	37,74	
p56		53,26				36,42
p57		42,57				41,05
p58		46,99				28,05
p59		43,51				31,65
p60		46,28				31,32
p61	40,2				41,47	36,57
p62				39,32	33,12	
p63				31,29	32,27	
p64				29,49	26,67	
p65				27,64	27,51	
p66				24	31,98	
p67				21,57	36,27	
p68				35,22	24,64	
p69				29,73	33,92	
p70				22,62	38,31	
p71			36,95	14,24		
p72			34,34	11,92		
p73			30,45	7,87		
p74			26,78	3,6		
p75			23,92	2,75		
p76			19,42	3,52		
p77			17,05	5,88		
p78			13,65	9,68		
p79			10,8	12,94		
p80			6,51	17,02		
p81			5,04	18,79		
p82	23,98		8,67	20,96		
p83	15,25		17,3	28,69		
p84	7,38		23,6			
p85	3,67		29,19			
p86	8,83	25,23				
p87	9,02	20,84				
p88	14,92	17,21				
p89	14,21	14,82				
p90	21,84	7,79				
p91	15,04	23,12				
p92	27,68	6,03				
p93	26,15	4,83				
p94	34,33	12,22				
p95	29,18	16,09				
p96	27,18	27,46				
p97	24,45	29,38				



p98	20,6	38,57	38,05			
p99	16,85		36,39	31,89		
p100	26,79			25,74		
p101	37,65			31,64	36,45	
p102				37,13	30,69	
p103					26,6	35,43
p104					16,97	29,99
p105					14,93	26,09
p106					17,88	25,55
p107					21,61	28,29
p108					27,35	34,32
p109					34,16	34,5
p110					18,33	34,16
p111					7,59	35,68
p112					37,87	3,68
p113					35,77	11,98
p114					28,29	14,04
p115					23,18	19,15
p116					25,96	22,81
p117					35,79	14,02
p118					37,01	23,67
p119					27,75	22,34
p120					30,7	27,24
p121					23,51	29,33
p122					29,09	33,92
p123					35,63	36,82
p124	39,59					38,21
p125	33	39,11				
p126	33,21			38,65		
p127	27,1			35,26		
p128	32,2		34,32	19,51		
p129	39,02		35,76	15,31		
p130				17,51	37,83	
p131				25,95	31,61	
p132				32,63	30,08	
p133				42,33	22,47	
p134				50,36	17,38	
p135				56,61	9,72	
p136	10,06	23,58				
p137					9,35	38,17
p138					16,67	30,86
p139			38,11	24,78		
p140			33,61	19,27		
p141			27,78	15,65		
p142			19,89	12,54		
p143			18,66	8,28		
p144			14,62	8,07		
p145			12	15,4		
p146			18,83	12,3		
p147	20,02		20,44	19,24		
p148	21		12,33	19,86		

p149	13,75		18,6			
p150	10,24		19,55			
p151	8,61		25,33			
p152	9,52		28,62			
p153	11,45	25,09				
p154	17,51	25,63				
p155	15,47	17,77				
p156	20,45	9,02				
p157	28,42	13,31				
p158	33,3	22				
p159	41,11	29,6				
p160	23,2	5,88				
p161	27,23	15,35				
p162	43,25	25,53				
p163	44,07	19,5				
p164	48,14	22,17				
p165	52,72	29,3				
p166	36,24	28,49				
p167	28,77	29,11				
p168	27,2		31,22			
p169	18,57		25,72			
p170	9,66		26,62			
p171	16,73		16,66			
p172	15,89		13,5			
p173			8,75	14,95		
p174			16,58	7,06		
p175			32,71	7,95		
p176			39,85	16,53		
p177				21,77	37,93	
p178			35,41	14,28		
p179				27,29	32,14	
p180				38,3	21,1	
p181				25,03	31,5	
p182				45,94	13,12	
p183				33,13	22,91	
p184	37,52			31,53	35,96	
p185					42,53	41,27
p186	23,94	28,6				
p187	26,61	23,46				
p188	27,97	15,7				
p189	28,04	9,05				
p190	41,3	22,89				
p191	47,93	23,46				
p192	54,07	28,16				
p193	55,91	27,03				
p194	31,99	3,06				
p195	43,28	15,98				
p196					48,86	33,86
p197					36,95	31,18
p198					27,75	33,59
p199					24,79	47,28

p200					14,98	37,87
p201					17,5	48,98
p202				58,06	14,43	58,84
p203				50,84	21,92	
p204				55,98	37,27	
p205				51,14	42,58	
p206				40,9	45,64	
p207			44,23	22,64		
p208			33,22	13,52		
p209			38,16	14,34		
p210			28,81	8,04		
p211			29,73	9,68		
p212			21,55	11,6		
p213	16,64		21,3			
p214	11,33		19,16			
p215	14,7		29,85	28,46		
p216	29,04			32,6		
p217	19,36	30,08				
p218	16,17	23,55				
p219	10,51	28,98				
p220	17,7	17,3				
p221	18,04	11,71				
p222	17,53	14				
p223	17,72	25,18				
p224	36,56		37			
p225	26,67		33,65			
p226	17,18		27,76			
p227	27,61	37,97				
p228	26,19	30				
p229	23,98	21,09				
p230	31,41	18,74				
p231	30,84	13,53				
p232	18,5	10,52				
p233	14,52	17,54				
p234	29,18	14,74				
p235	44,53	25,7				
p236		42,67				41,66
p237		47,06				30,22
p238					56,6	21,03
p239					51,4	9,57
p240					48,58	10,98
p241					46,94	24,18
p242					38,11	29,37
p243					27,96	22,55
p244					29,96	13,12
p245					36,1	15,54
p246					24,22	24,85
p247				39,94	24,65	
p248				43,22	12,93	
p249				31,43	25,08	
p250				26,49	32,22	

p251				17,13	41,26	
p252				23,98	31,13	
p253			32,62	9,94		
p254			25,81	10,54		
p255			19,1	12,68		
p256			12,18	15,85		
p257			5,27	21,14		
p258	17,61		17,97			
p259	12,25		20,6			
p260	15,11		24			
p261	21,91			26,74		
p262	23,91	33,65				
p263	37,97			37,19	38,32	
p264	40,5					39,31
p265						37,35
p266					31,15	34,33
p267					15,53	33,1
p268					13,08	29,59
p269					18,13	32,78
p270					23,83	42,1
p271					31,08	37,81
p272				60,84	26,44	
p273				45,67	19,71	
p274				36,64	23,79	
p275				30,06	30,05	
p276				32,66	35,59	
p277				25,39	37,97	
p278			37	18,4		
p279			30,84	10,43		
p280			27,08	11,96		
p281			40,37	23,37		
p282			35,73	54,01		
p283			55,15	35,24		
p284				43,06	42,84	
p285				54,53	54,05	
p286				53,93	46,38	
p287				52,97	39,15	
p288				56,05	31,62	
p289				52,93	13,76	
p290					10,86	47,28
p291					16,38	40,09
p292					21,41	27,53
p293					35,18	15,98
p294					43,33	35,75
p295	54,75	57,94				
p296	36,97		37,22			
p297	26,65		32,04			
p298	16,06		24,94			
p299	24,73	23,83				
p300	40,78	24,63				
p301	45,05	12,17				

p302	60,45	33,54				
p303	74,38	28,89				
p304	88,39	58,68				
p305	87,61	58,34				
p306		57,83				69,22
p307		63,67				47,33
p308					57,14	22,7
p309					44,76	26,27
p310					38,71	42,95
p311					19,52	38,52
p312					21,41	56,25
p313				46,47	15,53	
p314				36,64	30,64	
p315				61,22	38,74	
p316				74,14	55,14	
p317				69,24	61,53	
p318				64,96	68,24	
p319				46,01	58,31	
p320			48,75	34,48		
p321			33,14	20,5		
p322			18,84	18,51		
p323			8,5	26,65		
p324	36,59		16,77			
p325	31,6		19,36			
p326	35,9	42,09				
p327	47,8	41				
p328	50,61	25				
p329	60,87	17,82				
p330	68	33,46				
p331	60,75	38,56				62,37
p332		45				43,94
p333					26,6	23,74
p334					17,59	40,31
p335					25,86	53,71
p336					35,51	67,79
p337					44,52	81
p338				81,61	52,95	
p339				63,92	35	
p340				49,07	37,32	
p341				41,55	48,61	
p342			44,71	25,5		
p343			27,58	8,3		
p344				88,4	81,46	
p345				65,24	68,33	
p346				55,96	54,06	
p347				41,31	49,1	
p348			49,77	34,44		
p349			42,22	23,09		
p350			32,9	20		
p351			21,31	17,74		
p352			8,5	24,57		

p353			27,04	49,26		
p354	45,1		44,24			
p355	54,69		57,84			
p356	53,92	58,09				
p357	46,42	47,12				
p358	26,4	31				
p359	52,95	37,93				
p360	27,1			22		
p361			12,4	13,8		
p362				18,35	37,85	
p363				23,24	26,66	
p364				32	35,6	
p365				40	19,6	
p366				46,94	13,3	
p367				54,67	31	
p368				78,55	51	
p369					45,4	79,6
p370					46,12	73
p371					42,66	59
p372					31,92	55,4
p373	51,7		53,31			
p374	34,63		18,5			
p375	30,84		38,31			
p376			27,84	20,8		
p377			50,7	32,75		
p378			75,4	56,35	64,62	
p379				75,4	71,9	
p380				109,67	92,53	
p381				102,53	81,53	
p382				83,62	70,48	
p383				87,7	64,91	
p384				83,22	52,65	
p385				66,2	58,9	
p386				53,47	50,8	
p387				47,3	36,3	
p388					58,3	88,9
p389					27,7	66,33
p390					60,64	83,92
p391					28,16	55
p392					75,21	91,66
p393					58,27	67,46
p394					77,13	81
p395					57,1	56,05
p396					103,95	91,33
p397					80,44	58,13
p398					89,72	64,13
p399					70,85	40,7
p400					64	18,7
p401					76,6	31,6
p402		62				72,42
p403	88,4	60,3				

p404	87,43	58,7				
p405	73,11	31				
p406	70	39				
p407		57,5				44
p408		42,24				51
p409					42,76	44,21
p410	38,18			26,9	36,37	
p411	21,54			28,1		
p412	40,21		40,78	22,72		
p413				19	32,6	
p414				19,96	39	
p415			42,3	16,14		
p416				42,22	48,5	
p417			29,9	9,2		
p418			14,13	14,33		
p419	16,08		16,5			
p420	11		21,2			
p421	19,68		27,13	23,23		
p422			92,52	81,75		
p423			78,4	70,7		
p424			66,6	57,85		
p425			56,6	49,2		
p426			46,1	49,9		
p427			24,77	40,2		
p428	61,5		60,9			
p429	45,6		41,2			
p430	42,18	48,3				
p431	24,1		27,9			
p432	24,8	30,7				
p433	26,16	13,8				
p434	46,5	20				
p435	63,2	33				
p436	65,5	21				
p437					51,5	38,5
p438					81	78,2
p439					73,8	81,7
p440					58	79
p441					76	91,25
p442				94,26	78,84	
p443				99	87	
p444				115,6	117,5	
p445				89,54	90,56	
p446				75,4	74,16	
p447				73,2	66,37	
p448				78,3	60,66	
p449				75,5	48,3	
p450				51	33,66	
p451				41	36,11	
p452				34,3	48,9	
p453			58,2	36,5	57,9	
p454			71,35	52,73	70,41	

p455			30,54	27,1		
p456			22,66	19,22		
p457			17,5	11,4		
p458			14,55	12,85		
p459	61,7		46,63			
p460	74		60			
p461	68,9		46			
p462	77,3		68,45			
p463	77,4		70,5			
p464	65,4		60,6			
p465	63,83		59,8			
p466					105,3	109,7
p467					99	113,2
p468					78,15	102,6
p469					76,8	100,52
p470				172,6	149,8	
p471					147,65	167
p472				117,44	99,84	
p473				87,66	75,76	
p474				82	65,6	
p475				69,5	50	
p476				48	31	
p477	110	96				
p478	107,62	87,73				
p479	106,41	78,5				
p480	79,9	58,47				
p481	68,75	39,3				
p482	114,19	77,06				
p483	103,4	60,57				
p484	101,67	56,26				
p485	113,43	69,9				
p486	114,47	74,24				
p487	52		38,6			
p488			19,11	40		
p489			33,43	27,7		
p490			102	109,2		
p491			97,4	99,5		
p492			79	79		
p493			78	70		
p494			71,5	56		
Capacidades diária	15000	15000	15000	15000	15000	30000



## ANEXO 3

### Distância do produtor a todos entrepostos

Prod_Entrep	Campo Mourão	Mamborê	Eng_Beltrão	Fenix	Ivaipora	Pitanga
p1	21,9	47,2	25	45	110	120
p2	23,2	33,9	12,7	32,5	42,6	75,1
p3	9,7	25,4	38,2	85,2	95,3	86,6
p4	22,8	28,2	22,3	145,2	203,7	68,5
p5	18,4	13,5	28,4	95,2	121,9	71
p6	23,6	23,5	65,1	119,2	166,9	68
p7	9	22,5	28,1	124,2	180,1	63,9
p8	3,4	29,8	41,8	124,2	193,4	60,1
p9	95,3	105,3	55,4	85,2	26	30,7
p10	25,44	23,1	61,12	49,5	64,8	85,8
p11	121,9	148,6	82,7	95,2	46,6	11,6
p12	166,7	110	96,3	119	34,5	34,5
p13	180,1	110	110	124,4	23,6	31,3
p14	193,4	110	123,6	128,1	18,4	40,5
p15	82,7	64	137,2	95,3	43,7	18,4
p16	105,3	110	115,4	95,3	46,2	14,8
p17	82,7	65	320,7	95,3	54,2	4,2
p18	105,3	63	175,3	95,3	46,9	27,4
p19	85,2	95,3	105,3	115,4	47	29,2
p20	145,2	203,7	262,2	320,7	65,7	10,4
p21	12,2	21,6	120	167	110	56
p22	56,8	95,3	42,2	16,1	71	119
p23	118,9	168	110	56	42,7	43
p24	55,4	72,5	116	18,4	21,2	145
p25	23,5	28,8	96,3	62	95,3	82,7
p26	16,1	48,3	14,3	29,2	65,5	78,5
p27	35,1	156	16,3	8	65,5	78,5
p28	31	55,4	71	21,7	26,7	78,5
p29	31,1	55,4	71	25,6	19,3	78,5
p30	31,1	82,7	64	129,5	29,6	23,4
p31	128,4	193,4	110	58,6	36	26,3
p32	47,2	193,4	110	57	42,5	43,7
p33	129	42,7	82,7	64	129	50
p34	23,3	29,5	82,7	64	128	110
p35	17,2	129	25,7	64,5	126	110
p36	40	29,7	131	63	128,5	110
p37	23,1	24,2	132	63,5	129,4	110
p38	20,7	9,2	142	63,5	128,1	110
p39	26,6	129,5	18,4	65,8	128,2	110
p40	33,1	128,6	7,1	64,5	128,5	110
p41	33,8	55,4	71	29,9	82,7	64
p42	69	69	69	68	27,3	21,7
p43	22,5	69	18,7	16,6	95,3	105,3
p44	110	58,9	19,5	13,1	95,3	82,7
p45	64,9	129,4	193,4	110	13,1	22,9

p46	61	95,3	82,7	64	38,1	14,2
p47	61	95,3	82,7	35,2	27,7	85,2
p48	30,9	95,3	82,7	30,6	95,3	145,2
p49	19,3	23,1	85,2	124	203,7	95,2
p50	23	38	145,2	129,5	121,9	119
p51	52,1	52,6	95,2	95,3	167	124
p52	41,8	82,7	119	36,3	34,4	128
p53	55,4	96,3	124	40,2	16,1	95,3
p54	69	110	129	19,7	37,1	95,3
p55	41,8	123,6	95,3	42,6	37,7	95,3
p56	55,4	53,3	95,3	41,8	41,8	36,4
p57	69	42,6	95,3	55,4	55,4	41,1
p58	82,7	47	95,3	69	69	28,1
p59	96,3	43,5	85,2	82,7	82,7	31,7
p60	110	46,3	145,2	96,3	96,3	31,3
p61	40,2	156	95,2	110	41,5	36,6
p62	95,3	105,3	119	39,3	33,1	75,1
p63	203,7	262,2	123	31,3	32,3	86,6
p64	121,9	148,6	129	29,5	26,7	68,5
p65	167	110	95,3	27,6	27,5	71
p66	180,1	110	95,3	24	32	66
p67	193,4	110	95,3	21,6	36,3	64
p68	82,7	64,2	95,3	35,2	24,6	61
p69	105,3	110	123,2	29,7	33,9	58
p70	82,7	64,2	134	22,6	38,3	54
p71	105,3	65	37	14,2	75,1	51
p72	105,3	115,4	34,3	11,9	86,6	145,2
p73	262,2	320,7	30,5	7,9	68,5	95,2
p74	148,6	175,3	26,8	3,6	71	119
p75	110	58	23,9	2,8	65	124
p76	110	64	19,4	3,5	63	129
p77	110	58	17,1	5,9	64	95,3
p78	63,4	82,7	13,7	9,7	58	95,3
p79	110	56	10,8	12,9	54,6	95,3
p80	63,3	63,5	6,5	17	51	95,3
p81	63,4	58,5	5	18,8	85,2	95,3
p82	24	47,1	8,7	21	145,2	203,7
p83	15,3	40	17,3	28,7	95,2	121,9
p84	7,4	33	23,6	119	119	167
p85	3,7	26	29,2	124	124	180,1
p86	8,8	25,2	75,1	85,2	129	193,4
p87	9	20,8	86,6	145,2	95,3	82,7
p88	14,9	17,2	68,5	95,2	95,3	105,3
p89	14,2	14,8	75	121	95,3	82,7
p90	21,8	7,8	69	126,5	95,3	105,3
p91	15	23,1	65	129,4	180,1	110
p92	27,7	6	61	95,3	193,4	110
p93	26,2	4,8	56	95,3	82,7	64
p94	34,3	12,2	52	95,3	105,3	110
p95	29,2	16,1	54	95,3	82,7	64
p96	27,2	27,5	85,2	95,3	105,3	64

p97	24,5	29,4	145,2	203,7	105,3	115,4
p98	20,6	38,6	38,1	203,7	82,7	63
p99	16,9	67	125	31,9	105,3	110
p100	26,8	64	129	25,7	82,7	65
p101	37,7	67	123	31,6	36,5	95,3
p102		63	129	37,1	30,7	180,1
p103	65,1	62	95,3	95,3	26,6	35,4
p104	28,1	86,6	145,2	203,7	17	30
p105	41,8	68,5	95,2	121,9	14,9	26,1
p106	55,4	72	121	168	17,9	25,6
p107	69	67	126	180,1	21,6	28,3
p108	82,7	64	129	193,4	27,4	34,3
p109	96,3	61	95,3	82,7	34,2	34,5
p110	110	58	95,3	105,3	18,3	34,2
p111	123,6	54	95,3	82,7	7,6	35,7
p112	137,2	52	95,3	105,3	37,9	3,7
p113	75,1	85,2	95,3	105,3	35,8	12
p114	86,6	145,2	203,7	262,2	28,3	14
p115	68,5	95,2	121,9	148,6	23,2	19,2
p116	71	119	166	110	26	22,8
p117	68	124	180,1	110	35,8	14
p118	64	129	193,4	110	37	23,7
p119	61	95,3	82,7	64,5	27,8	22,3
p120	56,8	95,3	105,3	110	30,7	27,2
p121	54,2	95,3	82,7	64,5	23,5	29,3
p122	51	95,3	105,3	63	29,1	33,9
p123	65,1	75,1	85,2	95,3	35,6	36,8
p124	39,6	65,1	75,1	85,2	95,3	38,2
p125	33	39,1	65,1	75,1	85,2	95,3
p126	33,2	82,7	64	38,7	61	95,3
p127	27,1	96,3	62	35,3	58	95,3
p128	32,2	110	34,3	19,5	54	95,3
p129	39	123,6	35,8	15,3	52	95,3
p130	82,7	64	129	17,5	37,8	96,3
p131	96,3	63	95,3	26	31,6	110
p132	110	58	95,3	32,6	30,1	123,6
p133	123,6	54	95,3	42,3	22,5	137,2
p134	137,2	51	95,3	50,4	17,4	75,1
p135	75,1	85,2	95,3	56,6	9,7	86,6
p136	10,1	23,6	110	56,8	78,5	68,5
p137	180,1	110	123,6	54	9,4	38,2
p138	193,4	110	137,2	54	16,7	30,9
p139	82,7	64	38,1	24,8	180,1	110
p140	180,1	110	33,6	19,3	193,4	110
p141	193,4	110	27,8	15,7	82,7	64,5
p142	82,7	64	19,9	12,5	105,3	110
p143	105,3	110	18,7	8,3	82,7	64
p144	82,7	63	14,6	8,1	105,3	63
p145	105,3	63,4	12	15,4	105,3	115,4
p146	105,3	115,4	18,8	12,3	262,2	320,7
p147	262,2	320,7	20,4	19,2	180,1	110

p148	21	96,3	12,3	19,9	193,4	110
p149	13,8	110	18,6	180,1	110	65
p150	10,2	123,6	19,6	193,4	110	110
p151	8,6	137,2	25,3	82,7	64	63
p152	9,5	75,1	28,6	105,3	110	64
p153	11,5	86,6	96,3	82,7	63	115,4
p154	17,5	25,6	110	105,3	65	320,7
p155	15,5	17,8	123,6	105,3	86,6	145,2
p156	20,5	9	137,2	262,2	86,6	145,2
p157	28,4	13,3	75,1	110	86,6	145,2
p158	33,3	22	86,6	123,6	86,6	145,2
p159	41,1	29,6	55	65,1	86,6	145,2
p160	23,2	5,9	32	28,1	86,6	145,2
p161	27,2	15,4	15,1	41,8	68,5	95,2
p162	43,3	25,5	32	55,4	71	119
p163	44,1	19,5	15,1	69	68	124
p164	48,1	22,2	32	82,7	64	129
p165	52,7	29,3	15,1	96,3	62	95,3
p166	36,2	28,5	32	110	58	95,3
p167	28,8	29,1	15,1	123,6	54	95,3
p168	27,2	95,3	32	137,2	52	95,3
p169	18,6	203,7	25,7	69	68	124
p170	9,7	121,9	26,6	82,7	64	129
p171	16,7	168,5	16,7	96,3	62	95,3
p172	15,9	180,1	13,5	110	58	54
p173	86,6	193,4	8,8	15	54	52
p174	68,5	82,7	16,6	7,1	51	85,2
p175	71	105,3	32,7	8	85,2	145,2
p176	68	82,7	39,9	16,5	145,2	85,2
p177	64,5	105,3	96,3	21,8	37,9	145,2
p178	62	105,3	35,4	14,3	96,3	54
p179	59	41,8	121,9	27,3	32,1	51
p180	56,2	55,4	168	38,3	21,1	85,2
p181	52,4	69	180,1	25	31,5	145,2
p182	85,2	82,7	193,4	45,9	13,1	69
p183	145,2	110	82,7	33,1	22,9	82,7
p184	37,5	64	105,3	31,5	36	96,3
p185	110	110	86,6	145,2	42,5	41,3
p186	23,9	28,6	68,5	95,2	168	110
p187	26,6	23,5	71	119	180,1	110
p188	28	15,7	69	124	193,4	110
p189	28	9,1	64	129	82,7	64
p190	41,3	22,9	62	95,3	105,3	110
p191	47,9	23,5	58	95,3	82,7	63
p192	54,1	28,2	54	95,3	105,3	61,5
p193	55,9	27	52	95,3	105,3	115,4
p194	32	3,1	85,2	95,3	41,8	68,5
p195	43,3	16	145,2	203,7	55,4	71
p196	55,4	74	119	167	48,9	33,9
p197	69	68	125	180,1	37	31,2
p198	82,7	64	129	193,4	27,8	33,6

p199	96,3	62	95,3	82,7	24,8	47,3
p200	110	56,8	95,3	105,3	15	37,9
p201	123,6	54,3	95,3	82,7	17,5	49
p202	55,4	71	120	58,1	14,4	58,8
p203	69	67	123	50,8	21,9	180,1
p204	82,7	64	129	56	37,3	193,4
p205	96,3	62	95,3	51,1	42,6	82,7
p206	110	58	95,3	40,9	45,6	105,3
p207	124,5	180,1	44,2	22,6	65,1	75,1
p208	129,2	193,4	33,2	13,5	28,1	86,6
p209	95,3	82,7	38,2	14,3	41,8	68,5
p210	95,3	105,3	28,8	8	55,4	72
p211	95,3	82,7	29,7	9,7	69	68
p212	137,2	52	21,6	11,6	82,7	64
p213	16,6	124	21,3	71	96,3	61
p214	11,3	136,5	19,2	69	110	58,4
p215	14,7	95,3	29,9	28,5	123,6	53,4
p216	29	124,5	85,2	32,6	137,2	51
p217	19,4	30,1	124	85,2	95,3	105,3
p218	16,2	23,6	123	145,2	203,7	262,2
p219	10,5	29	95,3	95,2	121,9	148,6
p220	17,7	17,3	123	119	167	110
p221	18	11,7	129	124	180,1	110
p222	17,5	14	95,3	129	193,4	110
p223	17,7	25,2	69	68	82,7	64
p224	36,6	28,1	37	95,3	105,3	110
p225	26,7	41,8	33,7	95,3	82,7	63
p226	17,2	55,4	27,8	95,3	105,3	64
p227	27,6	38	130	193,4	105,3	115,4
p228	26,2	30	95,3	82,7	41,8	68,5
p229	24	21,1	95,3	105,3	55,4	74
p230	31,4	18,7	95,3	82,7	69	68
p231	30,8	13,5	95,3	105,3	82,7	64,5
p232	18,5	10,5	95,3	105,3	110	56,8
p233	14,5	17,5	203,7	41,8	66	82,7
p234	29,2	14,7	121,9	55,4	110	56,6
p235	44,5	25,7	156	69	63	64,3
p236	105,3	42,7	55,4	71	119	41,7
p237	262,2	47,1	69	68,5	123	30,2
p238	82,7	64,5	129	193,4	56,6	21
p239	96,3	62	95,3	82,7	51,4	9,6
p240	110	58	95,3	105,3	48,6	11
p241	123,6	54,6	95,3	82,7	46,9	24,2
p242	137,2	52,6	95,3	105,3	38,1	29,4
p243	75,1	85,2	95,3	105,3	28	22,6
p244	86,6	145,2	203,7	262,2	30	13,1
p245	68,5	95,2	121,9	148,6	36,1	15,5
p246	71	119,5	167	110	24,2	24,9
p247	69	66,8	124	39,9	24,7	65,1
p248	82,7	64,2	128	43,2	12,9	28,1
p249	96,3	61,2	95,3	31,4	25,1	41,8

p250	110	56,5	95,3	26,5	32,2	55,4
p251	123,6	53,4	95,3	17,1	41,3	69
p252	137,2	51	95,3	24	31,1	82,7
p253	75,1	85,2	32,6	9,9	119	96,3
p254	86,6	145,2	25,8	10,5	124	110
p255	68,5	95,2	19,1	12,7	129	123,6
p256	71	119,5	12,2	15,9	193,4	137,2
p257	68,5	124	5,3	21,1	82,7	75,1
p258	17,6	193,4	18	193,4	105,3	86,6
p259	12,3	193,4	20,6	82,7	82,7	68,5
p260	15,1	82,7	24	105,3	105,3	71,5
p261	21,9	105,3	193,4	26,7	105,3	68,7
p262	23,9	33,7	82,7	64,8	262,2	64,5
p263	38	64,2	105,3	37,2	38,3	60
p264	40,5	123,6	54	95,3	82,7	39,3
p265	18,1	71	119	168,5	110	37,4
p266	137,2	52	95,3	105,3	31,2	34,3
p267	75,1	85,2	95,3	105,3	15,5	33,1
p268	86,6	145,2	203,7	262,2	13,1	29,6
p269	68,5	95,2	121,9	148,6	18,1	32,8
p270	71,2	119	168	110	23,8	42,1
p271	66,8	124	180,1	110	31,1	37,8
p272	55	65,1	75,1	60,8	26,4	95,3
p273	31	28,1	86,6	45,7	19,7	203,7
p274	15,1	41,8	68,5	36,6	23,8	121,9
p275	31	55,4	71	30,1	30,1	167
p276	15,1	69	68	32,7	35,6	180,1
p277	32	82,7	64	25,4	38	193,4
p278	41,8	68,5	37	18,4	75,1	82,7
p279	55,4	71	30,8	10,4	86,6	105,3
p280	69	68	27,1	12	68,5	82,7
p281	82,7	65	40,4	23,4	71,5	105,3
p282	96,3	62	35,7	54	67,4	105,3
p283	110	57	55,2	35,2	64,5	262,2
p284	123,6	54	95,3	43,1	42,8	148,6
p285	137,2	52	95,3	54,5	54,1	110
p286	75,1	85,2	95,3	53,9	46,4	110
p287	86,6	145,2	95,3	53	39,2	110
p288	68,5	95,2	95,3	56,1	31,6	64
p289	70,5	119	203,7	52,9	13,8	110
p290	68,4	124	121,9	105,3	10,9	47,3
p291	64,5	128	166	262,2	16,4	40,1
p292	61,5	95,3	180,1	148,6	21,4	27,5
p293	56,8	95,3	193,4	110	35,2	16
p294	54,8	95,3	82,7	110	43,3	35,8
p295	54,8	57,9	105,3	110	69	67
p296	37	62	37,2	64,5	82,7	63
p297	26,7	56,8	32	110	96,3	62
p298	16,1	54,2	24,9	63	110	56
p299	24,7	23,8	105,3	63	123,6	54
p300	40,8	24,6	262,2	115,4	137,2	51

p301	45,1	12,2	148,6	320,7	75,1	85,2
p302	60,5	33,5	110	175,3	86,6	145,2
p303	74,4	28,9	110	56,8	68,5	95,2
p304	88,4	58,7	110	64	71	119
p305	87,6	58,3	64	56	67	124
p306	64,2	57,8	110	82,7	64	69,2
p307	115,4	63,7	64	58	115,4	47,3
p308	85,2	95,3	62	64,2	57,1	22,7
p309	145,2	203,7	115,4	56,8	44,8	26,3
p310	95,2	121,9	320,7	69	38,7	43
p311	119,2	167	175,3	82,7	19,5	38,5
p312	124,5	180,1	60	96,3	21,4	56,3
p313	129	193,4	63	46,5	15,5	85,2
p314	95,3	82,7	57	36,6	30,6	145,2
p315	95,3	105,3	82,7	61,2	38,7	95,2
p316	95,3	82,7	57	74,1	55,1	119
p317	95,3	105,3	64	69,2	61,5	124
p318	95,3	105,3	59	65	68,2	128
p319	203,7	262,2	58	46	58,3	95,3
p320	121,9	148,6	48,8	34,5	124	95,3
p321	167,2	110	33,1	20,5	129	95,3
p322	180,1	110	18,8	18,5	95,3	95,3
p323	193,4	110	8,5	26,7	95,3	95,3
p324	36,6	137,2	16,8	110	95,3	203,7
p325	31,6	75,1	19,4	123,6	95,3	121,9
p326	35,9	42,1	55,4	71	119	168
p327	47,8	41	69	68	124	180,1
p328	50,6	25	82,7	63	129	193,4
p329	60,9	17,8	96,3	65	95,3	82,7
p330	68	33,5	110	58	95,3	125,8
p331	60,8	38,6	123,6	54	95,3	62,4
p332	156,2	45	137,2	52	95,3	43,9
p333	69	66,8	124	180,1	26,6	23,7
p334	82,7	64,4	129	193,4	17,6	40,3
p335	96,3	61	95,3	82,7	25,9	53,7
p336	110	56,8	95,3	105,3	35,5	67,8
p337	123,6	54,8	95,3	82,7	44,5	81
p338	137,2	52	95,3	81,6	53	85,2
p339	75,1	85,2	95,3	63,9	35	145,2
p340	86,6	145,2	203,7	49,1	37,3	95,2
p341	68,5	95,2	121,9	41,6	48,6	119
p342	71,2	119	44,7	25,5	110	124
p343	68	125	27,6	8,3	123,6	129
p344	65	132	64	88,4	81,5	95,3
p345	61	95,3	56	65,2	68,3	95,3
p346	58	95,3	54	56	54,1	95,3
p347	54	95,3	52	41,3	49,1	95,3
p348	56	95,3	49,8	34,4	41,8	68,5
p349	85,2	95,3	42,2	23,1	55,4	71
p350	145,2	203,7	32,9	20	69	67
p351	95,2	121,9	21,3	17,7	82,7	64

p352	121	168	8,5	24,6	96,3	62
p353	124,5	180,1	27	49,3	110	58
p354	45,1	68,5	44,2	95,3	123,6	54
p355	54,7	71,2	57,8	95,3	137,2	51
p356	53,9	58,1	95,3	105,3	75,1	85,2
p357	46,4	47,1	95,3	105,3	86,6	145,2
p358	26,4	31	203,7	262,2	68,5	95,2
p359	53	37,9	121,9	148,6	71	119
p360	27,1	123,6	54	22	68	124
p361	123,6	54	12,4	13,8	64	128
p362	55	65,1	75,1	18,4	37,9	68,5
p363	33	28,1	86,6	23,2	26,7	71
p364	15,1	41,8	68,5	32	35,6	95,2
p365	33	55,4	71	40	19,6	119
p366	15,1	69	67	46,9	13,3	124
p367	34	82,7	64	54,7	31	129
p368	15,1	96,3	62	78,6	51	128
p369	36	110	58	95,2	45,4	79,6
p370	15,1	123,6	59	119	46,1	73
p371	32	137,2	52	124	42,7	59
p372	65,1	75,1	85,2	95,2	31,9	55,4
p373	51,7	95,3	53,3	119	69	68
p374	34,6	203,7	18,5	124	82,7	64
p375	30,8	121,9	38,3	129	96,3	61
p376	95,3	167,5	27,8	20,8	110	57
p377	203,7	180,1	50,7	32,8	123,6	54
p378	121,9	193,4	75,4	56,4	64,6	95,3
p379	167,2	82,7	95,3	75,4	71,9	203,7
p380	180,1	105,3	203,7	109,7	92,5	121,9
p381	193,4	82,7	121,9	102,5	81,5	167
p382	82,7	105,3	166	83,6	70,5	180,1
p383	105,3	64	180,1	87,7	64,9	193,4
p384	82,7	110	193,4	83,2	52,7	82,7
p385	105,3	63,5	82,7	66,2	58,9	105,3
p386	51,2	95,3	105,3	53,5	50,8	82,7
p387	85,2	95,3	82,7	47,3	36,3	105,3
p388	69	68	124	180,1	58,3	88,9
p389	82,7	69	128	193,4	27,7	66,3
p390	96,3	63	95,3	82,7	60,6	83,9
p391	110	59	95,3	105,3	28,2	55
p392	123,6	54	95,3	82,7	75,2	91,7
p393	137,2	51	95,3	105,3	58,3	67,5
p394	75,1	85,2	95,3	105,3	77,1	81
p395	86,6	145,2	203,7	262,2	57,1	56,1
p396	68,5	95,2	121,9	148,6	104	91,3
p397	71,2	121	168	110	80,4	58,1
p398	68	126,2	180,1	110	89,7	64,1
p399	65	132,4	193,4	110	70,9	40,7
p400	62	95,3	82,7	64	64	18,7
p401	58	95,3	105,3	110	76,6	31,6
p402	135	62	110	56,4	95,3	72,4



p403	88,4	60,3	123,6	54	95,3	129
p404	87,4	58,7	137,2	51	95,3	128
p405	73,1	31	75,1	85,2	95,3	95,3
p406	70	39	86,6	145,2	203,7	95,3
p407	129	57,5	68,5	95,2	121,9	44
p408	95,3	42,2	129	119	166	51
p409	95,3	65,1	129	119	42,8	44,2
p410	38,2	28,1	95,3	26,9	36,4	75,1
p411	21,5	41,8	95,3	28,1	168	86,6
p412	40,2	55,4	40,8	22,7	180,1	68,5
p413	75,1	69	168	19	32,6	71
p414	86,6	82,7	180,1	20	39	67
p415	68,5	96,3	42,3	16,1	145,2	168
p416	71	110	145,2	42,2	48,5	180,1
p417	68	123,6	29,9	9,2	85,2	95,3
p418	64	137,2	14,1	14,3	145,2	203,7
p419	16,1	75,1	16,5	82,7	95,2	121,9
p420	11	86,6	21,2	105,3	119	166
p421	19,7	68,5	27,1	23,2	124	180,1
p422	52	71,2	92,5	81,8	125	193,4
p423	85,2	68	78,4	70,7	95,3	82,7
p424	145,2	65	66,6	57,9	95,3	105,3
p425	95,2	63	56,6	49,2	95,3	82,7
p426	119	59	46,1	49,9	95,3	105,3
p427	124	55	24,8	40,2	95,3	105,3
p428	61,5	52	60,9	96,3	203,7	262,2
p429	45,6	48	41,2	110	121,9	148,6
p430	42,2	48,3	110	123,6	168	110
p431	24,1	82,7	27,9	137,2	180,1	110
p432	24,8	30,7	145,2	75,1	193,4	110
p433	26,2	13,8	95,2	86,6	82,7	64
p434	46,5	20	119	68,5	105,3	110
p435	63,2	33	124	72,6	82,7	65
p436	65,5	21	129	66,8	105,3	63
p437	41,8	68,5	95,2	64,5	51,5	38,5
p438	55,4	75	119	64	81	78,2
p439	69	68	124	58,6	73,8	81,7
p440	82,7	64	129	54,6	58	79
p441	96,3	62	95,3	54,5	76	91,3
p442	110	58	95,3	94,3	78,8	65,1
p443	123,6	54	95,3	99	87	28,1
p444	137,2	53	95,3	115,6	117,5	41,8
p445	75,1	85,2	95,3	89,5	90,6	55,4
p446	86,6	145,2	203,7	75,4	74,2	69
p447	68,5	95,2	121,9	73,2	66,4	82,7
p448	76	120	168	78,3	60,7	96,3
p449	69	126	180,1	75,5	48,3	110
p450	63	136	193,4	51	33,7	123,6
p451	61,5	95,3	82,7	41	36,1	137,2
p452	58,4	95,3	105,3	34,3	48,9	75,1
p453	65,1	65,1	58,2	36,5	57,9	86,6

p454	28,1	28,1	71,4	52,7	70,4	65,1
p455	41,8	41,8	30,5	27,1	65,1	28,1
p456	55,4	55,4	22,7	19,2	28,1	41,8
p457	69	69	17,5	11,4	41,8	55,4
p458	82,7	82,7	14,6	12,9	55,4	69
p459	61,7	96,3	46,6	110	56,8	95,3
p460	74	110	60	123,6	54,6	95,3
p461	68,9	123,6	46	137,2	52	95,3
p462	77,3	137,2	68,5	75,1	85,2	95,3
p463	77,4	75,1	70,5	86,6	145,2	203,7
p464	65,4	86,6	60,6	68,5	95,2	121,9
p465	63,8	68,5	59,8	71	119	166
p466	82,7	65,6	127	41,8	105,3	109,7
p467	96,3	64	95,3	55,4	99	113,2
p468	110	59	95,3	69	78,2	102,6
p469	123,6	56	95,3	82,7	76,8	100,5
p470	137,2	52	95,3	172,6	149,8	65,3
p471	75,1	85,2	95,3	156	147,7	167
p472	86,6	145,2	203,7	117,4	99,8	105,3
p473	68,5	95,2	121,9	87,7	75,8	262,2
p474	72,5	121	169	82	65,6	148,6
p475	68,4	125	180,1	69,5	50	110
p476	65,2	131	193,4	48	31	110
p477	110	96	75,1	85,2	95,3	110
p478	107,6	87,7	86,6	145,2	203,7	64
p479	106,4	78,5	68,5	95,2	121,9	110
p480	79,9	58,5	71	119	167	63
p481	68,8	39,3	68	124	180,1	62
p482	114,2	77,1	63	129	193,4	115,4
p483	103,4	60,6	64	95,3	82,7	320,7
p484	101,7	56,3	59	95,3	105,3	175,3
p485	113,4	69,9	54	95,3	82,7	56
p486	114,5	74,2	52,1	95,3	105,3	64
p487	52	180,1	38,6	136	95,2	57
p488	86,6	145,2	19,1	40	119	82,7
p489	68,5	95,2	33,4	27,7	124	56,4
p490	75	121	102	109,2	129	64,2
p491	68	112	97,4	99,5	95,3	56,7
p492	64	132	79	79	119	180,1
p493	62	95,3	78	70	124	193,4
p494	57,2	95,3	71,5	56	128	82,7
Capacidades diária	11540	11540	11540	11540	11535	11500

## ANEXO 4

### Viagens feitas para cada entreposto

Pro dutor	Campo Mourão 1	Mamboré2	Eng Beltrão 3	Fenix 4	Ivaipora 5	Pitanga 6	Total Viagem cam 13t(tipo caminh ão=a)	Total Viagem cam 15t(tipo caminh ão=b)	Total Entreg ue em ton
p1	1;2;3;4;5; 6;7						3	4	99
p2			1;2;3;4;5; 6;7				5	2	95
p3	1;2;3;4;5; 6						2	4	86
p4			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11;12				6	6	168
p5		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p6		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10					5	5	140
p7	1;2;3;4;5; 6;7						4	5	127
p8	1						1	0	13
p9					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11		5	6	155
p10		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					5	4	125
p11						1	0	1	15
p12					1;2		1	1	28
p13					1;2;3;4;5 ;6;7;8		4	4	112
p14					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p15						1;2;3;4;5 ;6;7;8	5	3	110
p16						1;2;3;4;5	2	3	71
p17						1;2;3;4;5 ;6	3	3	84
p18						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p19						1;2;3;4;5	3	2	69
p20						1;2;3;4;5 ;6;7	4	3	97
p21	1;2;3;4;5; 6						6	0	78
p22				1;2;3;4;5			2	3	71
p23					1;2;3;4;5		5	0	65

p24						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p25	1;2;3;4;5; 6;7;8						6	2	108
p26			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11				5	6	155
p27				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p28				1;2;3;4			0	4	60
p29					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		4	5	127
p30					1;2;3;4;5 ;6		3	3	84
p31					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		3	6	129
p32					;6;7;8;9; 10		4	6	142
p33		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11					6	5	153
p34	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10						5	5	140
p35	1;2;3;4;5; 6;7						2	5	101
p36		1;2;3;4;5;6; 7;8					3	5	114
p37	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						4	5	127
p38		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					4	5	127
p39			1;2;3;4;5; 6;7;8;9				4	5	127
p40				1;2;3;4;5 ;6;7			2	5	101
p41					1;2;3;4;5		3	2	69
p42						1;2;3;4;5	1	4	73
p43				1;2;3;4;5 ;6;7;8			2	6	116
p44				1;2;3;4;5 ;6;7			4	3	97
p45					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p46						1;2;3;4;5 ;6;7	1	6	103
p47					1;2;3		0	3	45
p48				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;			5	5	140
p49	1;2;3;4;5; 6						1	5	88
p50	1;2;3;4						4	0	52
p51	1;2;3;4;5; 6;7;8						4	4	112

p52					1;2;3;4;5 ;6		3	3	84
p53					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p54				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			6	3	123
p55					1;2;3;4;5 ;6		2	4	86
p56					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p57					1;2;3;4;5 ;6		4	2	82
p58					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11		5	6	155
p59					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		4	5	127
p60					1;2;3;4;5		1	4	73
p61					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p62					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		5	5	140
p63				1;2;3;4;5 ;6;7;8			4	4	112
p64					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;		4	6	142
p65					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11		6	5	153
p66				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;			5	5	140
p67				1;2;3;4;5 ;6;7			2	5	101
p68					1;2;3;4;5 ;6;7;8		3	5	114
p69				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			4	5	127
p70				1;2;3;4;5 ;6;7			5	2	95
p71				1;2;3;4;5 ;6			2	4	86
p72				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p73				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p74				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11			5	6	155
p75				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			5	4	125
p76				1			0	1	15
p77				1;2			1	1	28
p78				1;2;3;4;5 ;6;7;8			4	4	112

p79			1;2;3;4;5; 6;7				3	4	99
p80			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11;12				6	6	168
p81			1;2;3;4;5				3	2	69
p82			1;2;3;4;5; 6;7				4	3	97
p83	1;2;3;4;5; 6						6	0	78
p84	1;2;3;4;5						2	3	71
p85	1;2;3;4;5						5	0	65
p86	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11						5	6	155
p87	1;2;3;4;5; 6;7						1	6	103
p88	1;2;3;4;5; 6;7						3	4	99
p89	1;2;3;4;5; 6						2	4	86
p90		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p91	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						4	5	127
p92		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					5	4	125
p93		1;2					1	1	28
p94		1;2;3;4;5;6; 7;8					4	4	112
p95		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p96	1;2;3;4;5						2	3	71
p97	1;2;3;4;5						3	2	69
p98	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11;12						6	6	168
p99	1;2;3;4						0	4	60
p100			1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;				4	6	142
p101			1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11				6	5	153
p102				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;			5	5	140
p103				1;2;3;4;5 ;6;7			2	5	101
p104				1;2;3;4;5 ;6;7;8			3	5	114
p105				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p106				1;2;3;4;5 ;6;7			5	2	95
p107				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			5	4	125
p108				1			0	1	15

p109					1;2		1	1	28
p110					1;2;3;4;5 ;6;7;8		4	4	112
p111					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p112						1;2;3;4;5 ;6;7;8	5	3	110
p113						1;2;3;4;5 ;6;7	4	3	97
p114						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	5	5	140
p115						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	4	112
p116						1;2;3;4;5 ;6;7	2	5	101
p117						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	3	5	114
p118						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	4	5	127
p119						1;2;3;4;5 ;6;7	5	2	95
p120						1;2;3;4;5 ;6	2	4	86
p121						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p122						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	4	112
p123						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p124						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p125	1;2;3;4;5						3	2	69
p126	1;2;3;4;5; 6;7						4	3	97
p127	1;2;3;4;5; 6						6	0	78
p128					1;2;3;4;5 ;6;7		1	6	103
p129					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11		5	6	155
p130					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		4	5	127
p131					1;2;3;4;5		1	4	73
p132					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p133					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		5	5	140
p134					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		5	4	125
p135					1		0	1	15
p136	1;2						1	1	28

p137					1;2;3;4;5 ;6;7;8		4	4	112
p138					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p139				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p140				1;2;3;4;5			3	2	69
p141				1;2;3;4;5			5	0	65
p142				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11			5	6	155
p143				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p144				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p145			1;2;3;4;5; 6				2	4	86
p146				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p147				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p148			1;2;3;4				0	4	60
p149	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11;12						4	5	127
p150	1;2;3;4;5; 6						3	3	84
p151	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						3	6	129
p152	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10						4	6	142
p153	1;2;3;4;5; 6;7						2	5	101
p154	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						4	5	127
p155	1;2;3;4;5; 6;7						3	4	99
p156		1;2;3;4;5;6; 7					5	2	95
p157		1;2;3;4;5;6					2	4	86
p158		1;2;3;4;5;6					3	3	84
p159		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					3	6	129
p160		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10					4	6	142
p161		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11					6	5	153
p162		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					4	5	127
p163		1;2;3;4;5;6; 7					2	5	101



p164		1;2;3;4;5;6; 7;8					2	6	116
p165		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p166		1;2;3;4;5;6; 7					1	6	103
p167	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10						5	5	140
p168	1;2;3;4						4	0	52
p169	1;2;3;4;5; 6;7						4	3	97
p170	1;2;3;4;5; 6;7;8						5	3	110
p171	1;2;3;4;5; 6;7						4	3	97
p172		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10					5	5	140
p173		1;2;3;4;5;6; 7;8					4	4	112
p174				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p175				;9;10;11; 12			4	4	112
p176				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p177				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p178				1;2;3;4;5			3	2	69
p179				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p180					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;		5	5	140
p181						1;2;3;4	4	0	52
p182					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p183					1;2;3;4;5 ;6		2	4	86
p184				1;2;3;4;5 ;6			3	3	84
p185						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	3	6	129
p186	1;2;3;4;5; 6;7;8						5	3	110
p187		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p188		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10					5	5	140
p189		1;2;3;4;5;6; 7;8					4	4	112
p190		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11 ;12					6	6	168

p191		1;2;3;4;5;6; 7;8					4	4	112
p192		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p193		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11 ;12					6	6	168
p194		1;2;3;4;5					3	2	69
p195		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p196						1;2;3;4;5 ;6	2	4	86
p197						1;2;3;4;5 ;6;7;8	5	3	110
p198						1;2;3;4;5 ;6;7	4	3	97
p199						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;	5	5	140
p200						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	4	112
p201						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p202						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	4	112
p203						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p204						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p205						1;2;3;4;5	3	2	69
p206						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p207						1;2;3;4;5 ;6;7	5	2	95
p208						1;2;3;4;5 ;6	2	4	86
p209						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p210						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p211						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p212						1;2;3;4;5 ;6;7;8	5	3	110
p213	1;2;3;4;5						2	3	71
p214	1;2;3;4;5; 6						3	3	84
p215	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11;12						6	6	168
p216	1;2;3;4;5						3	2	69

p217	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11;12						6	6	168
p218	1;2;3;4;5; 6;7;8						6	2	108
p219	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11						5	6	155
p220		1;2;3;4;5;6; 7					1	6	103
p221		1;2;3;4					0	4	60
p222		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11					6	5	153
p223	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10						5	5	140
p224	1;2;3;4;5; 6;7						2	5	101
p225	1;2;3;4;5; 6;7;8						3	5	114
p226	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						4	5	127
p227	1;2;3;4;5						1	4	73
p228	1;2;3;4;5; 6;7;8						2	6	116
p229		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p230		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p231		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p232		1;2;3;4;5;6; 7					5	2	95
p233	1;2;3;4;5; 6						2	4	86
p234		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11 ;12					6	6	168
p235		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p236						1;2;3;4;5 ;6;7	4	3	97
p237						1;2;3;4;5 ;6	6	0	78
p238						1;2;3;4;5 ;6;7	1	6	103
p239						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;	5	5	140
p240						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	5	4	125
p241						1	0	1	15
p242						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p243						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	4	5	127

p244						1;2;3;4;5 ;6	3	3	84
p245						1;2;3;4;5 ;6;7	1	6	103
p246						1;2;3;4	0	4	60
p247						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11	6	5	153
p248						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;	5	5	140
p249						1;2;3;4;5 ;6;7	2	5	101
p250						1;2;3;4;5 ;6;7;8	3	5	114
p251						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	5	127
p252						1;2;3;4;5	1	4	73
p253						1;2;3;4;5 ;6;7	4	3	97
p254						1;2;3;4;5 ;6	6	0	78
p255						1;2;3;4;5 ;6;7	1	6	103
p256						1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1	5	5	140
p257						1;2;3;4;5; 6;7;8;9	5	4	125
p258	1						0	1	15
p259	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						3	4	99
p260	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						4	5	127
p261	1;2;3;4;5; 6						3	3	84
p262	1;2;3;4;5; 6;7						3	4	99
p263						1;2;3;4;5 ;6	2	4	86
p264						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p265						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;	5	5	140
p266						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	4	5	127
p267						1	1	0	13
p268						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	5	4	125
p269						1;2;3;4	4	4	112
p270						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p271						1;2;3;4;5 ;6;7;8	5	3	110

p272					1;2;3;4;5 ;6		3	3	84
p273					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168
p274					1;2;3;4;5 ;6		6	0	78
p275				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p276				1;2;3;4;5 ;6;7;8			6	2	108
p277				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11			5	6	155
p278				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p279				1;2;3;4;5 ;6;7			4	5	127
p280				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11			6	5	153
p281				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			4	5	127
p282			1;2;3;4;5; 6;7				2	5	101
p283				1;2;3;4;5			3	2	69
p284					1;2;3;4;5		1	4	73
p285					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p286					1;2;3;4;5 ;6;7		1	6	103
p287					1;2;3;4;5 ;6		1	5	88
p288					1;2;3;4		4	0	52
p289					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p290					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		6	3	123
p291					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p292					1;2;3;4;5 ;6;		4	2	82
p293						1;2;3;4;5	1	4	73
p294						1;2;3;4;5 ;6;7	4	3	97
p295	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10						4	6	142
p296	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11						6	5	153
p297	1;2;3;4;5; 6;7;8						3	5	114
p298	1;2;3;4;5; 6						2	4	86

p299		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11					5	6	155
p300		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p301		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					4	5	127
p302		1;2;3;4;5;6					3	3	84
p303		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p304		1;2;3;4;5;6					2	4	86
p305		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11 ;12					6	6	168
p306		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10					5	5	140
p307						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	4	5	127
p308						1	1	0	13
p309						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	5	4	125
p310						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	4	112
p311						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p312						1;2;3;4;5 ;6;7;8	5	3	110
p313						1;2;3;4;5 ;6	3	3	84
p314						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p315						1;2;3;4;5 ;6	6	0	78
p316						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p317						1;2;3;4;5 ;6;7;8	6	2	108
p318						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11	5	6	155
p319						1;2;3;4;5 ;6;7	1	6	103
p320						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9	4	5	127
p321						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11	6	5	153
p322						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	5	127
p323						1;2;3;4;5; 6;7	2	5	101

p324			1;2;3;4;5				3	2	69
p325			1;2;3;4;5				1	4	73
p326	1;2;3;4;5; 6;7						4	3	97
p327		1;2;3;4;5;6; 7					1	6	103
p328		1;2;3;4;5;6					1	5	88
p329		1;2;3;4					4	0	52
p330		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p331		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					6	3	123
p332						1;2;3;4;5; ;6;7	4	3	97
p333						1;2;3;4;5; ;6	4	2	82
p334					1;2;3;4;5		1	4	73
p335					1;2;3;4;5; ;6;7		4	3	97
p336					1;2;3;4;5; ;6;7;8;9;		4	6	142
p337					1;2;3;4;5; ;6;7;8;9; 10;11		6	5	153
p338					1;2;3;4;5; ;6;7;8		3	5	114
p339					1;2;3;4;5; ;6		2	4	86
p340					1;2;3;4;5; ;6;7		4	3	97
p341				1;2;3;4;5; ;6;7;8;9			6	3	123
p342				1;2;3;4;5; ;6;7			4	3	97
p343				1;2;3;4;5; ;6			4	2	82
p344					1;2;3;4;5; ;6;7		3	4	99
p345				1;2;3;4;5; ;6			2	4	86
p346					1;2;3;4;5; ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168
p347				1;2;3;4;5; ;6;7;8;9;			5	5	140
p348				1;2;3;4;5; ;6;7			3	4	99
p349				1;2;3;4;5; ;6;7;8			5	3	110
p350				1;2;3;4;5; ;6			6	0	78
p351				1;2;3;4;5; ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168

p352			1;2;3;4;5; 6;7;8;9				4	5	127
p353			1;2;3;4;5; 6;7				2	5	101
p354			1;2;3;4;5				3	2	69
p355	1;2;3;4;5; 6;7						4	3	97
p356	1;2;3;4						4	0	52
p357	1;2;3;4;5; 6;7						4	3	97
p358	1;2;3;4;5; 6						4	2	82
p359		1;2;3;4;5;6; 7;8					3	5	114
p360				1;2;3;4;5 ;6;7;8			4	4	112
p361			1;2;3;4;5; 6;7				3	4	99
p362				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p363				1;2;3;4;5			3	2	69
p364				1;2;3;4;5 ;6;7;8			4	4	112
p365					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p366					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168
p367					1;2;3;4;5		3	2	69
p368					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p369					1;2;3;4;5 ;6;7;8		4	4	112
p370					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p371					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168
p372					1;2;3;4;5		3	2	69
p373	1;2;3;4;5; 6;7;8						4	4	112
p374			1;2;3;4;5; 6;7				3	4	99
p375	1;2;3;4;5; 6;7;8;9;10 ;11;12						6	6	168
p376				1;2;3;4;5			3	2	69
p377				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p378				1;2;3;4;5 ;6;7;8			5	3	110
p379					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168



p380					1;2;3;4;5 ;6;7;8		6	2	108
p381					1;2;3;4;5 ;6;7		1	6	103
p382					1;2;3;4		0	4	60
p383					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;		5	5	140
p384					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p385					1;2;3;4;5 ;6;7;8		5	3	110
p386					1;2;3;4;5 ;6		6	0	78
p387					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168
p388					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		4	5	127
p389					1;2;3;4;5 ;6;7		2	5	101
p390					1;2;3;4;5		3	2	69
p391					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p392					1;2;3;4		4	0	52
p393					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97
p394					1;2;3;4;5 ;6		4	2	82
p395						1;2;3;4;5 ;6;7;8;	3	5	114
p396						1;2;3;4;5 ;6;7;8	4	4	112
p397						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p398						1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12	6	6	168
p399						1;2;3;4;5	3	2	69
p400						1;2;3;4	4	4	112
p401						1;2;3;4;5 ;6;7	3	4	99
p402		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11 ;12					6	6	168
p403		1;2;3;4;5					3	2	69
p404		1;2;3;4;5;6; 7					3	4	99
p405		1;2;3;4;5;6; 7;8					5	3	110
p406		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11 ;12					6	6	168
p407						1;2;3;4;5 ;6;7;8	6	2	108

p408		1;2;3;4;5;6; 7					1	6	103
p409					1;2;3;4		0	4	60
p410				1;2;3;4;5			2	3	71
p411	1;2;3;4;5; 6						3	3	84
p412				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p413				1;2;3;4			0	4	60
p414				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			4	5	127
p415				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			3	6	129
p416				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;			4	6	142
p417				1;2;3;4			4	0	52
p418			1;2;3;4;5; 6;7				3	4	99
p419	1;2						2	0	26
p420	1						0	1	15
p421	1;2;3;4;5; 6;7						3	4	99
p422				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			4	5	127
p423				1;2;3;4;5 ;6			3	3	84
p424				1;2;3;4;5 ;6;7			3	4	99
p425				1;2;3;4;5 ;6			2	4	86
p426			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11;12				6	6	168
p427			1;2;3;4				0	4	60
p428			1;2;3;4				0	4	60
p429			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1				4	6	142
p430	1;2						2	0	26
p431	1;2;3;4;5; 6;7;8;9						4	5	127
p432	1;2;3;4;5; 6						2	4	86
p433		1;2;3;4;5;6					0	6	90
p434		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					4	5	127
p435		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11					5	6	155
p436		1;2;3;4;5;6; 7;8					4	4	112
p437						1;2;3;4;5 ;6	3	3	84
p438						1;2;3;4;5 ;6	6	0	78

p439					1;2;3;4;5 ;6;7;8		6	2	108
p440					1;2;3;4		0	4	60
p441					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		3	6	129
p442					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;		5	5	140
p443					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		4	5	127
p444				1;2;3;4;5			1	4	73
p445				1;2;3;4;5 ;6;7			4	3	97
p446					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;		5	5	140
p447					1;2;3;4;5 ;6;7;8		4	4	112
p448					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		6	3	123
p449					1;2;3;4;5 ;6		4	2	82
p450					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11		5	6	155
p451					1;2;3;4;5 ;6;7;8		4	4	112
p452				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;			4	6	142
p453				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			4	5	127
p454				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12			6	6	168
p455				1;2;3;4;5 ;6;7			1	6	103
p456				1;2;3;4;5 ;6			6	0	78
p457				1;2			0	2	30
p458				1;2;3;4;5 ;6;7;8			4	4	112
p459			1;2;3;4;5; 6;				3	3	84
p460			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11;12				6	6	168
p461			1;2;3;4;5; 6;7;8				6	2	108
p462			1;2;3;4				0	4	60
p463			1;2;3;4;5; 6;7;8				3	5	114
p464			1;2;3;4;5; 6;7				3	4	99
p465			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11;12				6	6	168
p466					1;2;3;4;5 ;6;7		4	3	97

p467					1;2;3;4;5 ;6;7		1	6	103
p468					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		5	4	125
p469					1;2;3;4;5 ;6;7		1	6	103
p470					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9;		5	5	140
p471					1;2;3;4;5 ;6;7;8		3	5	114
p472					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p473					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11;12		6	6	168
p474					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9		4	5	127
p475					1;2;3;4;5 ;6;7		3	4	99
p476					1;2;3;4;5 ;6;7;8;9; 10;11		5	6	155
p477		1;2;3;4;5;6; 7;8;9;10;11					6	5	153
p478		1;2;3;4;5					3	2	69
p479		1;2;3;4;5;6; 7					4	3	97
p480		1;2;3;4;5;6					1	5	88
p481		1;2;3;4;5;6					4	2	82
p482		1;2;3;4;5;6					2	4	86
p483		1;2;3;4;5;6					3	3	84
p484		1					1	0	13
p485		1;2;3;4;5;6; 7;8;9					5	4	125
p486		1;2;3;4;5;6					3	3	84
p487			1;2;3;4;5; 6;7;8;9;1 0;11;12				6	6	168
p488			1;2;3;4;5; 6;7;8;9				2	6	116
p489				1;2;3;4;5 ;6			2	4	86
p490			1;2;3;4;5; 6				6	0	78
p491			1;2;3;4;5; 6;7;8;9				4	5	127
p492			1;2;3;4				0	4	60
p493			1;2;3;4;5				1	4	73
p494				1;2;3;4;5 ;6;7;8;9			5	4	125

