



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DE ABATEDOUROS E CENTROS DE  
DISTRIBUIÇÃO DE AGROINDÚSTRIAS DE FRANGO**

**ELIANE ALMEIDA DO CARMO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS**

**BRASÍLIA/DF  
FEVEREIRO/2008**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DE ABATEDOUROS E CENTROS DE  
DISTRIBUIÇÃO DE AGROINDÚSTRIAS DE FRANGO**

**ELIANE ALMEIDA DO CARMO**

**ORIENTADOR: JOÃO BATISTA SOARES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS**

**PUBLICAÇÃO: Nº 11/2008**

**BRASÍLIA/DF  
FEVEREIRO/2008**

## REFERÊNCIA E CATALOGAÇÃO

CARMO, E. A. do. **Estudo da localização de abatedouros e centros de distribuição de agroindústrias de frango.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 82p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

### FICHA CATALOGRÁFICA

Carmo, Eliane Almeida do

Estudo da localização de abatedouros e centros de distribuição de agroindústrias de frango. / Eliane Almeida do Carmo; orientação de João Batista Soares. – Brasília, 2008.

82p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.

1 Logística, 2 otimização, 3 Avicultura, 4 Modelagem, 5 ArcGIS.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DE ABATEDOUROS E CENTROS DE  
DISTRIBUIÇÃO DE AGROINDÚSTRIAS DE FRANGO**

**ELIANE ALMEIDA DO CARMO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONEGÓCIOS, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS A OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE EM AGRONEGÓCIOS.**

**APROVADA POR:**

---

**JOÃO BATISTA SOARES, Dr. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**FLÁVIO BORGES BOTELHO FILHO, Dr. (UnB)  
EXAMINADOR INTERNO**

---

**MARCOS AURÉLIO LOPES, Dr. (UFLA)  
EXAMINADOR EXTERNO**

**BRASILIA/DF, 27 DE FEVEREIRO DE 2008**

## AGRADECIMENTOS

A minha família, agradeço o amor, carinho e apoio, que me fizeram ultrapassar os obstáculos desta caminhada.

A minha irmã Adriana e ao William, um agradecimento especial, pela força contínua que sem a qual não estaria onde estou.

Ao Vinícius por ter aparecido em minha vida, pela presença nos momentos certos, pela pessoa maravilhosa que tem demonstrado e por revisar incansavelmente meu trabalho.

Ao Professor Sérgio Granemam, pelo apoio inicial.

Ao meu orientador Professor João Batista Soares, que me acolheu quando mais precisava, também pela paciência e competência com que me orientou.

Ao Professor Marcos Aurélio (UFLA), precursor dessa caminhada.

A empresa estudada pelos dados fornecidos, representada pelos funcionários Nelson, Wallace, Inácio, Edmilson e Anderson que me receberam com tanta disposição.

Aos amigos Diovanni, Eduardo, Fabrícia, Rodrigo, Wagner, Allison, Edna, Aline, Pollyana, Lígia e Juliana por me acolherem em suas casas e vidas.

Aos meus amigos de Lavras: Aline(s), Lidi, Fátima, Thaís, Eric, Fred, Fernando, André, Mariana, Daniel e Nádia(s).

A Andréia, Carioca, Alb, Elza e amigos da Colina, pela amizade.

Aos demais colegas do curso (Juliana e Saulo em especial).

Ao Sandro e Oscar pessoas que dedicaram uma parte de seu tempo para me ajudar incondicionalmente (sempre serei grata).

Aos professores do Departamento e a Universidade de Brasília que me deram o auxílio necessário para meus estudos.

A CAPES, em especial, por viabilizar meus estudos.

A Suely e Cristina, pelo auxílio.

E a todos aqueles que furtivamente deixei de citar.

# ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DE ABATEDOUROS E CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO DE AGROINDÚSTRIAS DE FRANGO

## RESUMO

A avicultura assumiu posição de destaque no contexto agrícola nacional fazendo com que o Brasil ocupe o segundo lugar em produção e primeiro em exportações, no mundo. A manutenção desta posição requer dos índices de competitividade atuais. Nesse sentido, este trabalho estudou a localização de uma agroindústria avícola e otimizou sua rede, dos integrados aos consumidores, determinando a quantidade de abatedouros e centros de distribuição que a empresa deve possuir e a localização destes de forma a minimizar custos. A partir da coleta de dados reais e utilizando ferramentas de Sistemas de Informação Geográficas e programação linear binária, determinou-se a configuração ótima para a rede bem como a configuração de diversos cenários alternativos. A função objetivo utilizada minimiza o somatório dos custos da localização do abatedouro, os custos da localização do centro de distribuição, os custos de produção e remessa dos frangos vivos do integrado até o abatedouro, os custos de abate e remessa até o centro de distribuição e os custos de armazenagem no centro de distribuição e remessa até os clientes finais. O cenário ótimo obtido considera apenas a instalação de um abatedouro e um centro de distribuição de maior capacidade, evidenciando ganhos de escala. Os resultados favoreceram a localização dos abatedouros próximos aos integrados e de centros de distribuição próximos aos clientes, sujeitas às diversas restrições impostas pela realidade local. Conclui-se que apesar dos fatores clássicos de localização terem sido muito criticados, quanto a perda de importância relativa, no caso da avicultura tal crítica não procede.

**Palavras-chave:** Logística, Otimização, Avicultura, Modelagem, ArcGIS

# **ESTUDY'S LOCALIZATION OF FRIGORIFIC AND CENTERS OF DISTRIBUTION POULTRY AGRO-INDUSTRY**

## **ABSTRACT**

Aviculture has assumed an outstanding position into the national agricultural context, taking Brazil to the second place in production and first place in exportations, in the world. The maintenance of this position requires of the current indices of competitiveness. With this point of view, this work studied the localization of a poultry agro-industry and optimized its net, from the integrated to the consumers, determining the amount of frigorific and centers of distribution that the company must have and the localization of these to minimize costs. From the collection of real data and using Geographic Systems tools of Information and binary linear program, it was determined excellent configuration for the net as well as the configuration of diverse alternative scenes. The used objective function minimizes the total amount of the localization and the slaughterhouse costs, the localization costs of the distribution center, the production costs and remittance of the alive chicken from the integrated one until the slaughterhouse, the slaughter costs and remittance until the distribution center and the storage costs in the distribution center and remittance until the final customers. The excellent scene gotten considers only the installation of a slaughterhouse and a distribution center of bigger capacity, evidencing scale profits. The results favored the localization of the slaughterhouses close to the integrated ones and also the distribution centers close to the customers, subjected to the diverse restrictions imposed for the local reality. One concludes that despite of the classic factors of localization have been very

criticized, related to the loss of relative importance, for poultry this criticism does not proceed.

**Key Words:** Logistic, Otimization, Aviculture, Modeling, ArcGIS



## LISTA DE SIGLAS

- $C_{ad}$ : Custo de abate e transporte do abatedouro ao centro de distribuição
- $Cap_a$ : capacidade potencial do abatedouro, por ano, no local  $a$ .
- $Cap_d$ : capacidade dinâmica do depósito, por ano, no local  $d$ .
- $C_{dc}$ : Custo de armazenamento e transporte do centro de distribuição ao cliente
- $CF_a$ : Custo fixo anual da localização de um abatedouro
- $CF_d$ : Custo fixo anual da localização de um centro de distribuição
- $C_{ia}$ : Custo de produção e transporte do integrado ao abatedouro
- $Cl_i$ : Quantidade demandada por cada grupo de clientes
- DF: Distrito Federal
- EDR: Escritórios de Desenvolvimento Rural
- GO: Goiás
- GPS: Global Positioning System
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- $ka$ : Capacidade potencial do abatedouro
- $kd$ : Capacidade dinâmica anual do centro de distribuição
- $l$ : número de integrados
- $m$ : número de grupos de clientes
- $n$ : número de possíveis abatedouros
- $P_a$ : perdas, em peso, verificadas no abate, em toneladas por ano
- $P_d$ : perdas, em peso, verificadas nos depósitos, em ton por ano.
- $Q_{cli_c}$ : demanda anual do cliente  $c$ , em toneladas
- $Q_{ini}$ : Quantidade produzida por cada integrado

$Qp_{ad}$ : Quantidade de produto enviada do abatedouro ao centro de distribuição

$Qp_{dc}$ : Quantidade de produto enviado do centro de distribuição ao cliente

$Qp_{ia}$ : Quantidade de matéria prima enviada do integrado ao abatedouro

SAI: Setor de Indústria e Abastecimento

SIG: Sistemas de Informação Geográfica

$t$ : número de possíveis Centros de Distribuição

UBA: União Brasileira de Avicultura

UTM: Universal Transversa de Mercator

$Y_a$ : 1 se o abatedouro estiver localizado em  $a$ , caso contrário, 0

$Y_d$ : 1 se o centro de distribuição estiver localizado em  $d$ , caso contrário, 0

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO .....	13
1.2	IMPORTÂNCIA DA AVICULTURA .....	14
1.3	A CADEIA BRASILEIRA DO FRANGO .....	17
1.4	A CADEIA DE FRANGOS NO DF .....	18
1.5	JUSTIFICATIVA .....	21
1.6	OBJETIVOS .....	22
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1	TEORIA CLÁSSICA .....	23
2.2	TEORIA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL .....	29
2.3	NOVOS FATORES DE LOCALIZAÇÃO .....	31
2.4	PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO .....	33
2.5	OTIMIZAÇÃO DE REDE .....	34
2.6	CUSTOS .....	35
2.7	TRABALHOS DE OTIMIZAÇÃO .....	36
2.8	MÉTRICA EUCLIDIANA .....	39
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
3.1	A EMPRESA .....	42
3.2	MODELO DE OTIMIZAÇÃO .....	48
3.3	RESTRICÇÕES DO MODELO .....	58
3.4	IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO .....	60
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>61</b>
4.1	CENÁRIO ÓTIMO .....	61
4.2	PRIMEIRO E SEGUNDO CENÁRIOS ALTERNATIVOS .....	63
4.3	TERCEIRO, QUARTO E QUINTO CENÁRIOS .....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A avicultura é uma das mais importantes e rentáveis atividades do setor agrícola e a região Centro-Oeste destaca-se como a terceira maior produtora do país com uma fatia de 10% da produção brasileira estando o Distrito Federal situado entre os dez maiores estados produtores do país. Além disso, a avicultura é responsável pela geração de um grande número de empregos e possui uma cadeia altamente organizada e tecnificada.

Diante de tamanha relevância do setor, vê-se a necessidade de estudar a dinâmica locacional deste, já que a localização dos principais atores da cadeia é que vai determinar o desenho e estrutura, bem como as relações entre os elos dessa cadeia organizada e sua competitividade como um todo.

Nesse sentido, este trabalho objetiva estudar a localização de uma agroindústria avícola e otimizar sua rede dos integrados aos consumidores. Para isso, foram montados cenários que simulam a implantação de abatedouros e depósitos em diversos locais indicados pela empresa, considerando os diversos critérios importantes para a localização de abatedouros e armazéns.

Este trabalho está dividido em 5 capítulos. O Capítulo 1 faz uma introdução à importância do estudo da localização e funcionamento da cadeia do frango no Brasil e no DF, bem como a justificativa e os objetivos do trabalho.

O Capítulo 2 contém o marco teórico, abrange a teoria clássica, a teoria do desenvolvimento regional e outros critérios de localização citados na literatura brasileira; comenta-se a respeito de otimização de redes, custos a se considerar na localização de empresas e citam-se alguns trabalhos relevantes.

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada na realização deste trabalho.

O quarto traz o estudo de caso, os cenários e os resultados e as discussões. E o último Capítulo apresenta as conclusões do trabalho e as sugestões para futuras pesquisas.

## **1.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO**

Segundo Ballou (2006), localizar instalações fixas ao longo da rede da cadeia de suprimentos é um importante problema de decisão que dá forma, estrutura e contornos ao conjunto completo dessa cadeia. Essa formulação define as alternativas, juntamente com os custos e níveis de investimentos a elas associadas, usadas para operar o sistema.

A decisão de localização envolve investimentos maciços da empresa e possui um dos maiores períodos de retorno. É um fator crítico que condiciona os custos de produção e distribuição. Uma posição bem escolhida permite poupar até 10% dos custos de produção, o que *a posteriori* não é possível devido a um conjunto de custos inerentes à reorganização espacial difíceis de reduzir.

A localização determinará o nível de custos que a organização terá, o qual variará de acordo com o tipo de empresa e da área de negócio. Segundo Ballou (2006) os custos com operações de transporte normalmente atingem os 25% do preço de venda do produto. O que significa que 1/4 das receitas da empresa são utilizadas para cobrir os gastos com a entrada de matéria-prima e a distribuição de produto acabado. Além disso, salienta que os custos das matérias-primas e as tarifas de impostos locais podem oscilar conforme o local em que a empresa se instala.

Deste modo, o estudo minucioso de onde se localizar pode reduzir de forma drástica os custos e aumentar a competitividade, seja pelo aumento da eficiência na operação

da cadeia logística, rapidez no atendimento, redução de custos de transporte ou de impostos, entre outros, além de possibilitar novos mercados e novos negócios, ao passo que instalações sub-ótimas podem gerar ineficiências em transportes, mão-de-obra inadequada, e gastos adicionais de capital investido em instalações e operações (Bandeira et al, 2006).

O desempenho das atividades de suprimentos e de distribuição depende da otimização da rede logística, que é alcançada através da análise estratégica da localização das instalações.

Em um contexto de concorrência acirrada, no qual competitividade é sinônimo de produção de alta qualidade, com baixos custos, percebe-se a relevância do tema localização nos dias atuais. Situar bem a empresa com o objetivo de reduzir custos pode ser imprescindível para a sua permanência no mercado, visto que, desta forma a organização descobre novas maneiras de produzir, estocar e distribuir economicamente.

## **1.2 IMPORTÂNCIA DA AVICULTURA**

A avicultura das Américas concentra o maior volume de carne de frango do planeta, quase 80% do comércio. Os Estados Unidos lideram a produção mundial, com 16 milhões de toneladas, seguido do Brasil com 9,3 milhões. Já no quesito exportação, o Brasil, lidera, e responde, juntamente com os Estados Unidos por 76% dos embarques globais (UBA, 2007).

Em 2006 a avicultura brasileira produziu 9,3 milhões de toneladas de carne de frango. As exportações ganharam impulso ainda maior, com vendas para 142 países, alcançando-se receita correspondente a US\$ 3,2 bilhões, o que mantém o país como o líder mundial em exportações. Os principais clientes externos são a União Européia, Oriente

Médio, América do Sul, África, Ásia, Romênia e Rússia. Embora as vendas externas tenham crescido, o mercado interno ainda se constitui em maior consumidor da produção brasileira, aproximadamente 36,97 kg *per capita*, por ano. A qualidade, a imagem de produto saudável e os preços acessíveis auxiliaram na conquista, bem como na manutenção, desse mercado (UBA, 2007).

O Brasil possui uma das mais desenvolvidas aviculturas comerciais do mundo, entretanto, manter-se nesta posição não é tarefa fácil, tendo em vista que a competitividade do setor avícola brasileiro sofre influências de políticas protecionistas praticadas por alguns países, tais como barreiras alfandegárias que impõem tarifas de importação e elevam o preço do produto brasileiro; barreiras não-tarifárias, principalmente o estabelecimento de cotas mínimas de importação; barreiras técnicas e sanitárias que determinam normas e regulamentos com metas de difícil alcance. Além destas, ainda é apontada a *influenza aviária* que deprimiu não só o mercado avícola brasileiro, mas todo o mercado mundial (UBA, 2007).

Alguns dos benefícios gerados pela avicultura no Brasil relacionam-se à contenção do êxodo rural, ao estímulo à pequena propriedade e, por não ser uma atividade sazonal permite uma melhor distribuição de renda e incentiva o produtor. Por meio do sistema de integração, que fomenta a atividade familiar, o setor gera quatro milhões de empregos (UBA, 2007).

De acordo com Falcão (2002) os agentes da cadeia de produção utilizam apenas o termo “integração” quando estão se referindo ao que na literatura denominou-se integração contratual, quase-integração, coordenação vertical, entre outros.

Integração vertical é o modo de governança que vincula o produtor e a agroindústria processadora por meio de contratos. Williamson (1989) afirma que os agentes envolvidos na transação possuem racionalidade limitada e são oportunistas, fazendo com que

seja necessária ênfase em controle hierárquico. Afirma ainda que estas transações possuem como atributos a frequência, a incerteza e a especificidade dos ativos. A frequência relaciona-se ao número de vezes que a mesma transação é realizada; a incerteza advém do desconhecimento de pormenores da transação; e a especificidade dos ativos diz respeito ao uso alternativo do ativo, significa que quanto maior a especificidade, maior a dificuldade de adaptação e de reaproveitamento do ativo, o que eleva a necessidade de estabelecer maior controle organizacional (hierarquia), ou seja, a integração vertical.

Na integração vertical o produtor se responsabiliza pela criação dos frangos, fornecimento de equipamentos, instalações, energia elétrica e mão-de-obra; em contrapartida a agroindústria se faz presente tanto à montante, fornecendo insumos e medicamentos, quanto à jusante abatendo e distribuindo (COSTA, 1999). O produtor integrado deve vender toda produção à empresa integradora e esta, por sua vez compromete-se a adquirir a totalidade produzida pelo integrado.

Esta estratégia de integração se traduz em vantagens para as empresas, tais como, ganho de qualidade na matéria prima, constância no abastecimento, redução dos custos nas operações de abate, padronização da carcaça. Pelo lado do produtor, há aumento de rentabilidade, relacionado à redução de custos de produção e ganhos de produtividade, à formação de um plantel básico de reprodutores de alto valor zootécnico e à garantia da comercialização da produção com conseqüente diminuição do risco do negócio (Castro Júnior, 2003).

O fato de a avicultura brasileira ter expressiva parcela de integrados, composta de propriedades familiares, não implica em uma produção incipiente. A avicultura brasileira, segundo Castro Junior (2005), respalda-se em um alto nível tecnológico que é determinante na competitividade do sistema. É corrente a comparação da atividade avícola com setores



industriais em que há condições artificiais de produção, ou seja, há uma grande previsibilidade da produção e dependência mínima de condições naturais.

Com o aperfeiçoamento tecnológico a produção cresceu vertiginosamente saltando de 4.058, em 1986, para 9.895 toneladas, em 2006. Atualmente pode-se observar um que o ciclo de produção dura por volta 40 dias, sendo que na década de 30, a duração deste mesmo ciclo girava em torno de 100 a 120 dias (UBA, 2007).

No Brasil, a principal região produtora é a região Sul, que abate cerca de 2.358.189.253 cabeças/ano, 53% da produção brasileira. A região Centro-Oeste tem assumido, nos últimos anos, participação crescente no mercado e, atualmente, situa-se na terceira posição, com 424.918.152 aves abatidas. O DF ocupa o décimo lugar no *ranking* de estados produtores de frango de corte (UBA, 2007).

Segundo Ipardes (2002), dois dos fatores que tem influenciado fortemente a expansão da avicultura para o Centro-Oeste são a proximidade com as áreas de produção de milho e soja, principais componentes da ração de aves, e o preço, relativamente baixo das terras. Castro Júnior (2005) afirma que este ponto deve ser considerado um dos fomentadores da progressão exploratória da atividade avícola no DF, haja vista a sua posição espacial e produtiva de grãos, favorecendo uma melhor logística de suprimento na cadeia, com diminuição de custos de transporte e uma harmonização do fornecimento e comercialização.

### **1.3 A CADEIA BRASILEIRA DO FRANGO**

A produção avícola brasileira é altamente concentrada, as regiões Sul e Sudeste concentram quase 75% da produção de aves de corte. Em seguida aparece a região Centro-Oeste com uma média de 10% (UBA, 2007).

No país, em 2005, alojaram-se 36.663.507 matrizes, contra as 33.293.479 de 2004, um crescimento de 10,12%. Tal volume foi alcançado, principalmente, pelo aumento das exportações de carne de frango (UBA, 2007). As empresas exportadoras tiveram de reformular seus programas de alojamento de matrizes para atender ao crescimento da demanda internacional sem descuidar do suprimento do mercado interno.

A cadeia do frango caracteriza-se pela alta organização interna, constituída de cooperativas e associações nacionais, estaduais e setoriais, granjas etc. Em linhas gerais, é formada, à montante pela, criação de avós importadas, pela produção de matrizes, pelos incubatórios, pelas fábricas de ração, de equipamentos e de insumos químicos e farmacêuticos; e à jusante, pelos abatedouros e frigoríficos e os equipamentos de varejo (mesas para abate, nória para sangria etc). Saliente-se que mesmo as avós e matrizes descartadas são enviadas para abate, e a venda de esterco dos frangos contribui para a formação da receita dos criadores (VIEIRA JUNIOR, 2006).

#### **1.4 A CADEIA DE FRANGOS NO DF**

A cadeia do frango de corte no Distrito Federal, de acordo com Castro Júnior (2005), é a apresentada na Figura 1.1. O fluxo tecnológico e produtivo da avicultura de corte inicia-se no segmento produtor de matrizes e vai aos incubatórios (granjas de matrizes).

Os limites da cadeia avícola no Distrito Federal são estipulados a partir do fornecimento do pinto de um dia até o consumidor final. Para engorda dos pintos nas granjas de corte, o elo produtor integrado recebe insumos agrícolas, como ração e produtos veterinários fornecidos pela empresa integradora. Após a engorda, os frangos são abatidos

pela empresa, que em seguida os resfriam e/ou congelam, inteiros ou em partes (cortes), assim como fabricação de embutidos. A partir daí, faz-se a distribuição dos produtos.

A avicultura no DF é realizada por meio da integração, que é uma parceria entre a empresa (Integradora) e os produtores rurais (Integrados), que possuem áreas próprias para a criação de aves. O integrado é remunerado de acordo com a produtividade obtida.

Como parte do contrato o Integrado precisa dispor de uma área mínima de 25 hectares, distante até 80 km do abatedouro ou fábrica de ração, onde deve construir os aviários, fornecer mão-de-obra, providenciar palha de arroz para “cama” de frango; manter estrada em condições que permitam o acesso de caminhões em qualquer época do ano; proteger o local de outra espécie de ave; dispor de energia trifásica; preservar uma distância mínima de 2 km de outro produtor; entre outras exigências que variam a cada integradora.

Os insumos na cadeia do frango abrangem basicamente rações, produtos fitossanitários, produtos veterinários, assistência técnica, equipamentos e materiais para manutenção. A empresa fornece os mesmos, bem com os pintos de um dia a cada unidade integrada.

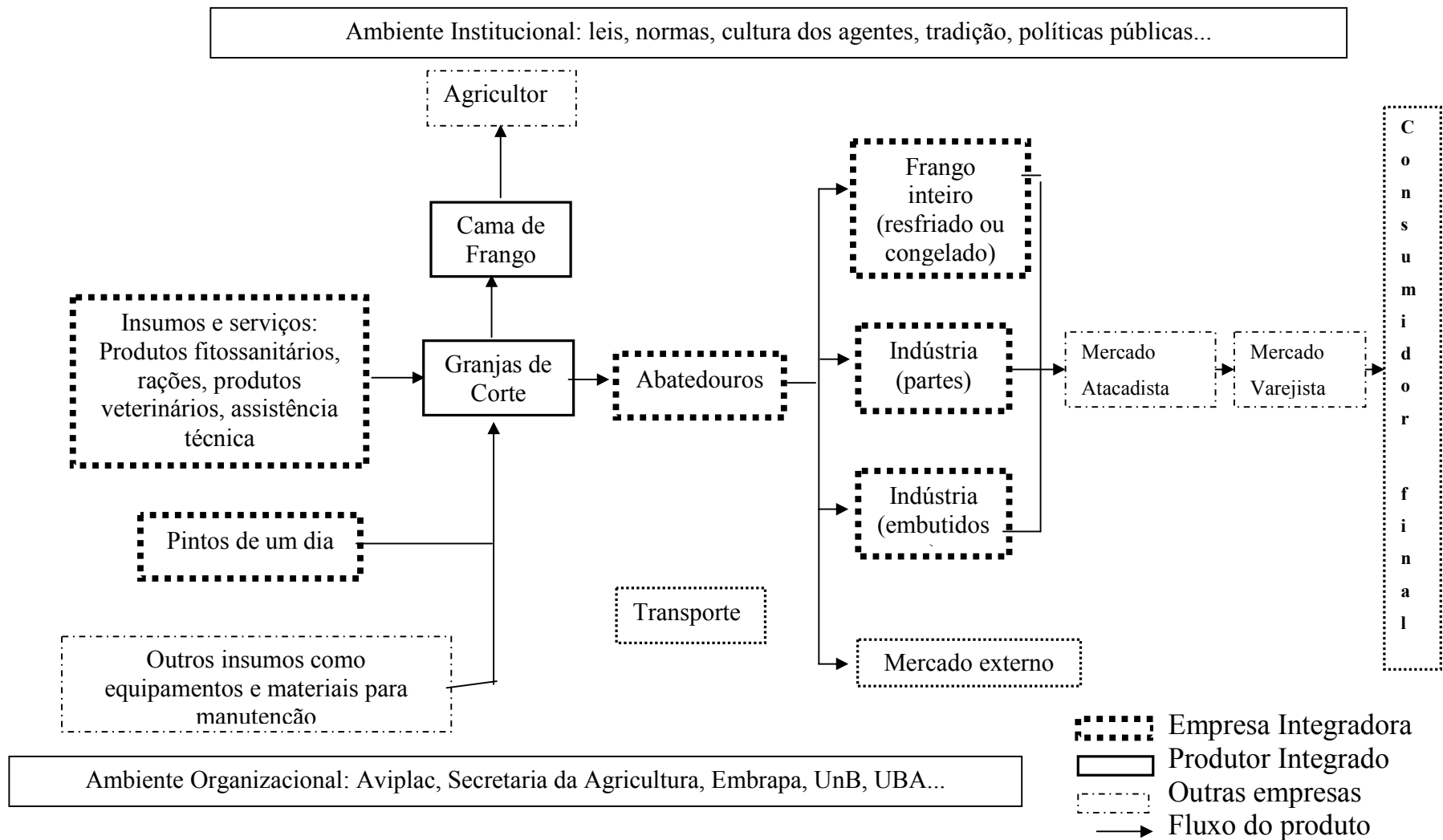


Figura 1.1: A cadeia produtiva de frango de corte no Distrito Federal (fonte: CASTRO JUNIOR, 2005).

Segundo Falcão (2002), a empresa integradora ocupa-se do setor de insumos quase como um todo. Adquire os pintos avós, produz as matrizes em granjas próprias e entrega-as nos produtores integrados. Fornece ainda os medicamentos e vacinas, desinfetantes, grãos e farelos e todos os ingredientes necessários para a produção da ração, que é entregue pronta nas granjas. Por seu lado, o produtor compromete-se com a utilização racional desses insumos.

A empresa integradora também se encarrega do abate do animal, realizado por ela mesma, ou em parcerias com outras empresas. Além do abate, é responsável pelo transporte, tanto dos pintos de um dia, insumos e dos frangos vivos e abatidos até os consumidores finais.

## **1.5 JUSTIFICATIVA**

A empresa estudada atua na região do DF e Entorno, produzindo, em média 33.000 frangos diariamente, no sistema de integração. Se enquadra perfeitamente ao problema de otimização de rede. Atuando em todos os elos da cadeia desde a criação de aves avós até a terminação de frangos de corte, abate, processamento e comercialização. Com isso é possível, mediante estudos como este trabalho, sanar possíveis deficiências e projetar sua cadeia de suprimentos do fornecedor ao cliente.

Ela está em expansão e pretende construir abatedouros e centros de distribuição para minimizar os custos de transporte, o que atualmente, configura em um dos maiores gargalos. Ressalta ainda que a avicultura é, regionalmente, uma das mais importantes e rentáveis atividades do setor agrícola. A região Centro-Oeste já ocupa a posição de terceira maior produtora do país em crescente expansão e o Distrito Federal está entre os dez estados mais produtores de carne de frango e derivados do país.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Otimizar a localização de abatedouros de aves e de centros de distribuição dos produtos industrializados considerando a rede formada dos avicultores aos consumidores.

### **Objetivos Específicos**

Especificamente pretende-se ainda:

- Determinar a quantidade e capacidade de abatedouros e centros de distribuição;
- Propor cenários alternativos ao otimizado para avaliar a sensibilidade da solução;
- Aplicar ferramentas de sistema de informação geográfica como suporte aos métodos de otimização.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Visando um melhor entendimento deste capítulo optou-se por dividi-lo em tópicos são eles: Teoria Clássica da Localização, Teoria do Desenvolvimento Regional, Novos Fatores de Localização citados na literatura, problemas de localização, Otimização de Rede, Custos, alguns trabalhos de otimização e por fim abordamos a Métrica Euclidiana.

### 2.1 TEORIA CLÁSSICA

As primeiras teorias de localização começam a surgir a partir do fim do século XIX. As denominadas Teorias Clássicas da Localização foram postuladas por economistas rurais e geógrafos regionais como John Von Thünen, Alfred Weber, August Losch, e Walter Isard entre outros. Thünen publicou, em 1826, a obra conhecida como “A Teoria do Estado Isolado”. O autor observou que em torno das cidades as atividades agrícolas se dispunham de acordo com um padrão de uso do solo (hortas, florestas, pastagens etc). A partir destas observações Thünen propõe um modelo teórico do funcionamento e distribuição das culturas com relação à distância do mercado consumidor. Para o autor, a renda do capitalista agrícola, é determinada não só pelos custos de produção, mas também pelos de transporte. Propôs a seguinte fórmula da renda agrícola (CLEMENTE & HIGACHI, 2000):

$$R=(P\times Q)-C-(T\times D); \quad (2.1)$$

Onde R é o rendimento líquido do agricultor, P é o preço unitário do produto no centro comercial, Q a quantidade produzida, C o custo de produção, T o custo de transporte

por unidade de produto, por unidade de distância e  $D$  a distância ao centro comercial. De acordo com a fórmula quanto maior o custo de transporte por unidade e a distância entre o local de produção e o de comercialização menor será o lucro do produtor. Thünen concluiu que a renda econômica depende da distância, quanto mais próximo do centro maior é a renda quando comparado com aquela mais distante. Ou seja, haverá uma seleção de culturas e uma distribuição regular (anéis de Thünen), sendo as culturas perecíveis ou de difícil manejo localizadas mais próximas ao centro em detrimento de culturas mais “resistentes”.

O autor apresentou como pressupostos da sua teoria um espaço isolado, sem interferência de outras cidades. O espaço é uma planície homogênea, com solo, clima e relevo iguais; no centro está o mercado; os custos de transporte são diretamente proporcionais à distância e ao peso; O custo de produção e as quantidades não variam; os preços dos produtos e insumos são fixos, determinados pela lei da oferta e procura; os mercados são competitivos e equilibrados pela facilidade de entrada; e a terra é propriedade privada.

Posteriormente Alfred Weber desenvolveu, em 1909, a chamada Teoria da Classificação por Setores. Em seu estudo considerou as forças de atração como determinantes da localização da atividade industrial e analisou separadamente a influência dos custos de transporte, do fator mão-de-obra e das forças aglomerativas. No primeiro caso, utilizou o que denominou de "triângulo locacional" e nos demais, as curvas "isodapanas", instrumentos que se tornaram importantes na análise locacional. As isopadanas permitem visualizar o padrão de variação espacial do custo de transporte tal como as curvas de nível de uma carta topográfica permitem visualizar a altitude e as curvas de variação (CLEMENTE e HIGACHI, 2000).

Como proposições fundamentais a sua teoria, Weber considera uma área onde existe somente um mercado consumidor e outras duas regiões fornecedoras de matéria-prima, formando, desta maneira, o triângulo locacional. Considera também que os insumos são



usados em proporções fixas e as firmas operam em concorrência perfeita. Os preços e a qualidade dos fatores de produção não variam no espaço e a oferta é ilimitada. A mão-de-obra pode ser encontrada em grande quantidade a um salário já determinado.

Na Figura 2.1, o ponto K, definido na parte interna do triângulo, é onde o custo total de transporte, TC, é minimizado. É a chamada localização ótima de Weber e pode ser representada pela seguinte equação:

$$TC = \text{Min} [(M1 \times t1 \times d1) + (M2 \times t2 \times d2) + (M3 \times t3 \times d3)]; \quad (2.2).$$

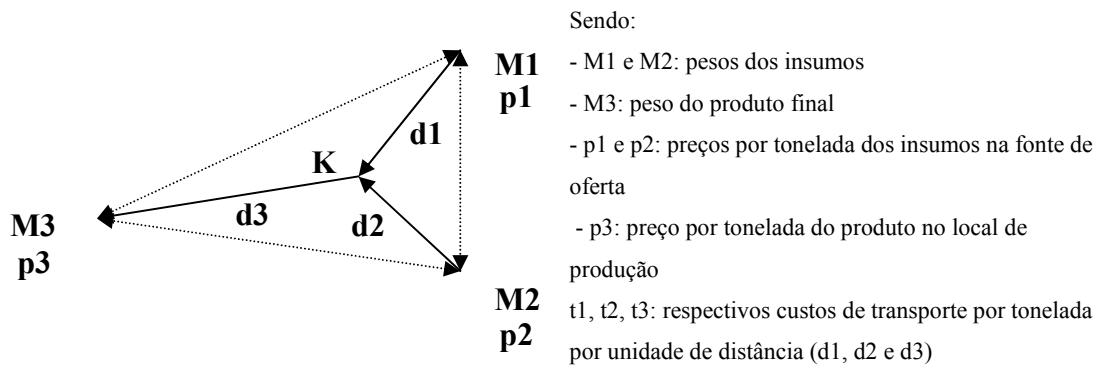


Figura 2.1: Triângulo Locacional de Weber

Para Weber a escolha de localizações intermediárias deverá se restringir a área interna do triângulo. Ele considera entre as forças de atração, os custos de transporte, sendo que o equilíbrio de tais forças determina a localização da atividade industrial.

Weber reconheceu papel das matérias-primas no processo de produção e sua influência na localização. Observou que ao longo do processo produtivo, algumas sofrem de perda de peso, outras sofrem ganho de peso e há as que não apresentam alteração em seu

peso. No primeiro caso as empresas tendem a se localizar próximas as fontes de matérias primas, no segundo próximas ao mercado consumidor e no último as empresas podem se orientar tanto para a proximidade do mercado quanto às matérias-primas (BALLOU, 2006).

Tanto para Weber como Von Thünen, o local ideal seria aquele que proporcionasse menor custo de transportes – para movimentar a matéria-prima para as fábricas e de produtos finais para o mercado. A localização fazia referência à disponibilidade geográfica das matérias-primas. Aquelas empresas que tivessem acesso facilitado às matérias-primas teriam poucos problemas na localização das suas unidades produtivas (DONDA JUNIOR, 2002).

Em 1933 Walter Christaller deu continuidade à produção teórica da escola clássica da localização (CAVALCANTE, 2003). Essencialmente procura compreender “as leis que determinam o número, tamanho e distribuição das cidades”, como “lugares centrais” que forneceriam bens e serviços para a região no seu entorno. Ao analisar a distribuição espacial das cidades no sul da Alemanha, constatou que elas eram aproximadamente equidistantes entre si. Definiu-se então o conceito de limiar (nível mínimo de demanda que asseguraria a produção de um determinado bem ou serviço), a partir do qual se passa a obter rendimentos crescentes. Definindo o alcance de um bem ou serviço como “a maior distância que a população dispersa se dispõe a percorrer objetivando adquirir um bem ou utilizar um serviço”. Christaller concluiu que a produção de bens e serviços nas cidades resultaria de “uma escala de produção que alcança um ótimo representado por uma demanda dividida num espaço homogêneo”.

Influenciado pelas idéias de Christaller, August Losch, em 1954, mostrou como se localizar a produção, se determinar os limites das áreas de mercado das empresas e se fixar o volume de produção e níveis de preços. Para ele, a decisão de localização deveria se efetuar,

tendo em vista a procura do maior lucro e não do menor custo. Contribuiu, em sua teoria, com a inclusão da análise das variáveis de demanda e demonstrou a importância dos custos de transporte na distribuição espacial. Apesar de inovar ao considerar as relações inter-regionais, se apoiou num modelo de economia ideal com demanda igualmente distribuída, o que difere da realidade (CLEMENTE e HIGACHI, 2000).

Como pressupostos da teoria, Losch considerou as planícies homogêneas, sem fronteiras e sem barreiras topográficas; a população composta por indivíduos distribuídos de maneira uniforme no espaço e com idêntica renda e gosto; o conhecimento tecnológico dado de forma igualitária; as matérias-primas e insumos ubíquos e os custos de transportes proporcionais à distância. Em outros termos, Lössch preconizou um modelo de concorrência monopolista em oposição ao de concorrência perfeita de Weber, focalizando um o ótimo locacional com o ponto de máximo lucro para o empresário (DONDA JUNIOR, 2002).

Isard sintetizou as considerações teóricas de Weber, Thünen e Lössch, e tratou da localização industrial e do conjunto das atividades econômicas. Seu modelo geral de minimização de custos incorporou a substituição de fatores em função de variações de preços relativos de insumos e analisou as áreas de mercado, para considerar os elementos ligados às variações espaciais de receitas, integrando esses dois aspectos ao final. Classificou ainda, os fatores locais em três grupos, levando em conta apenas o lado dos custos: i) de transporte; ii) de transferência (com base na distância), e iii) de outros custos de produção (CLEMENTE e HIGACHI, 2000).

As teorias receberam críticas. Segundo Azzoni (1982), estas dirigem-se a suposições feitas na sua construção, tais como o postulado da racionalidade dos agentes econômicos, o princípio da maximização de lucros etc. São endereçadas também aos fatores locais considerados pelos modelos, basicamente, custos de transporte e mão-de-obra.

Custos que vêm perdendo peso nos custos logísticos totais e na consideração de localização. Araújo (2002), *apud* Manzagol (1985), justifica a perda de importância destes fatores citando como principais responsáveis os efeitos do processo de evolução tecnológica, através da produção de materiais mais leves, elevação dos valores adicionados aos produtos e os aperfeiçoamentos dos sistemas de transporte. Paralelamente a isso, as variações espaciais nos custos de mão-de-obra teriam se reduzido, devido ao progresso técnico e às reduções das diferenças regionais de salários.

Barquete (2002) ao estudar os fatores de localização de incubadoras e empreendimentos de alta tecnologia, confirmou tal crítica. Segundo a autora, a indústria de alta tecnologia tem baixa sensibilidade a fatores clássicos de localização, tais como custos de transporte, o que é realçado pela miniaturização e pelo baixo peso dos produtos transportados.

Além disso, a teoria clássica não considera as externalidades decorrentes da aglomeração de atividades numa região determinada (CAVALCANTE, 2003). Ao admitirem estruturas de mercado pulverizadas, estas terminam não conseguindo lidar com o *trade-off* entre ganhos de escala (que tenderiam a concentrar espacialmente as atividades de produção) e custos de transporte (que tenderiam a dispersá-las) aspectos que fundamentaram a chamada teoria de desenvolvimento regional, abordada no próximo tópico.

Apesar das diversas críticas, as teorias clássicas não podem ser desprezadas, pois ainda possuem grande poder de explicação das vantagens e desvantagens das regiões para atrair investimentos. Há atividades, por exemplo, na avicultura, em que nota-se os argumentos quanto à perda de importância dos custos de transporte não se aplicam, uma vez que estes ainda se constituem como um dos mais importantes. Portanto, a teoria clássica interfere sobremaneira nas empresas avícolas.

## 2.2 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Um dos precursores dessa teoria foi Alfred Marshall (1980). Ele destaca os ganhos de escala internos à firma que o fator aglomeração poderia proporcionar influenciados diretamente e principalmente pela possibilidade oferecida por um grande mercado local de viabilizar a existência de fornecedores de insumos com eficiência de escala; vantagens de uma oferta abundante de mão-de-obra; e a troca de informações.

Desde meados de 1950, Perroux, Myrdal, Hirschman, entre outros, apresentaram teorias que se apoiavam no conceito de aglomeração. Perroux (1955) desenvolveu a noção de Pólos de Desenvolvimento e Pólos de Crescimento. Para o autor, o crescimento não surgiria em todos os lugares simultaneamente, dar-se-ia de forma heterogênea e desequilibrada. Para ele o dinamismo de um pólo seria determinado pela existência de um núcleo (indústrias motrizes) que exerceria influência direta sobre a região observada, mercado, cidade e entorno. Esta região seria interligada a outros complexos agroindustriais por meio de estradas e canais diversos pelos quais circulariam mercadorias e produtos e pessoas.

Myrdal (1957) afirmou que mão-de-obra, capital e bens de consumo – “backwash effects” – puxariam recursos e se acumulariam nas áreas centrais. Para ele sempre prevaleceriam os efeitos regressivos no desenvolvimento, ou seja, o desenvolvimento econômico promoveria um processo de causação circular cumulativa, por meio do qual as regiões ricas tenderiam a se enriquecer cada vez mais e as regiões pobres a empobrecer. Entretanto, o autor reconheceu a existência de efeitos de difusão – “spread effects” – que seriam a forma de amenizar o efeito de causação, por intermédio do inter-relacionamento das regiões que permitiria o vazamento do desenvolvimento.

Hirschman (1958) considerou que o desenvolvimento econômico seria desequilibrado ocorrendo em empresas consideradas líderes. Para o autor, em um país existiriam alguns pontos privilegiados para a implantação de indústrias, fato decorrente de economias externas, e os agentes econômicos valorizariam em demasia os fatores existentes no local, o que acabaria por induzir o desenvolvimento em regiões atrasadas, devido, principalmente a interferência direta das relações de mercado local e do governo, o que é chamado por ele de “forças de alívio”.

Porter (1999) contribuiu com essa teoria. Ele desloca parte da responsabilidade pela vantagem competitiva da empresa para o lado externo. Para ele as empresas estão cada vez mais se deslocando para “pólos de desenvolvimento”, buscando serem mais competitivas, ou seja, maior produtividade. Produtividade, por sua vez, depende de como as empresas concorrem e o grau de sofisticação, o qual é fortemente influenciado pelas condições do ambiente empresarial.

O ambiente pode influenciar pelo aumento da produtividade; fortalecimento da capacidade de inovação e estímulo a novas empresas. E as empresas que participam desses aglomerados se beneficiam com acesso a insumos e a pessoal qualificado; acesso fácil, rápido e barato às informações; maior complementaridade; maior facilidade de acesso a instituições e a bens públicos; facilidade de substituição de fornecedores; entre outros benefícios.

Essas teorias disseminaram a crença de que um grande investimento levaria a uma concentração de desenvolvimento o que atrairia as empresas para se localizarem nestes pólos. Entretanto foram verificados diversos fracassos na aplicação desta teoria. Nota-se a necessidade de considerar cada negócio em suas particularidades, a questão regional entre outros aspectos o que significa que a decisão locacional segue uma lógica própria.

### 2.3 NOVOS FATORES DE LOCALIZAÇÃO

É relevante destacar o enfoque comportamentalista da localização que, segundo Saboya (2001), nasceu das críticas aos modelos tradicionais de localização, os quais tinham em seu centro um homem econômico, racional, que é otimizador. Os fatores determinantes da localização da Teoria Clássica eram principalmente as matérias-primas e a mão-de-obra. Este novo enfoque é atento mais a satisfação do que a maximização de lucros. Nesse caso visam não apenas a observância de cálculos cartesianos, mas também aos anseios dos envolvidos. Entretanto, o enfoque comportamentalista da localização industrial deve ser encarado não como alternativo aos modelos clássicos, mas sim aditivo.

Sob este prisma novos fatores de localização deveriam ser considerados tais como: clima, qualidade de vida na região, amenidades urbanas e opções de lazer, meio ambiente, mão-de-obra de baixo custo e de qualidade, presença de Universidades, unidades de pesquisa, proximidade e custo da matéria-prima, incentivos fiscais, infra-estrutura moderna, logística bem desenvolvida, entre outros fatores que irão variar conforme o local e o tipo de negócio.

Donda Junior (2002), analisando os fatores influentes no processo de escolha da localização de uma agroindústria de aves no Paraná, destacou como principais fatores locacionais gerais, os investimentos em capital humano, a questão ambiental, infra-estrutura moderna e uma rede de telecomunicações *high tech*. Quanto a fatores regionais, citou serviços (água, energia elétrica), comunicações (viárias: ferrovias, rodovias etc. e não viárias: telecomunicações, correios etc), recursos humanos, mercado (supridor e consumidor). Em relação aos fatores locais, destaca custo da terra, condições do terreno, meio-ambiente, clima e incentivos governamentais.

Romero (2006), analisou a localização de plataformas logísticas no Estado de São Paulo destacando diversos critérios e subcritérios de localização utilizados na seleção do local ideal para instalar as empresas. Entre eles estavam: área para implementação (disponibilidade, custo), utilidades públicas (esgoto, água, coleta de resíduos), acessibilidade (disponibilidade e custo de mão-de-obra, rotas de acesso, disponibilidade de matérias-primas etc), mercado (competitividade, estabilidade etc) e aspectos ambientais e a qualidade de vida.

Azzoni (1982) fez um levantamento junto a 581 empresários em São Paulo, coletando informações sobre o processo de decisão locacional. O autor dividiu os fatores em três grupos: escolha da região, escolha de município e escolha do local. Os resultados da pesquisa evidenciaram que os fatores considerados determinantes na escolha da região foram: fácil acesso rodoviário, mão-de-obra abundante e proximidade dos principais compradores e fornecedores. Na escolha do município destacou-se os custos dos terrenos, a existência de distrito industrial e de vínculo familiar no município. Na escolha do local pesou-se a disponibilidade de espaço para futuras expansões e energia elétrica, bem como a existência de local apropriado. O autor concluiu ainda que a escolha deveria se basear, sempre, na consideração conjunta de fatores, ou seja, não houve um fator que, isoladamente, determinasse a localização da empresa. Muito provavelmente, as influências combinadas dos vários fatores considerados levam a situações de difícil decisão, em que as vantagens relativas a alguns são contrapostas as desvantagens em relação a outros.

Diversos autores buscam estudar e definir fatores a serem considerados na decisão locacional. Esses critérios possuem diferentes graus de importância a depender do ramo de atividades da empresa e das estratégias de expansão ou abertura de novos negócios.



## 2.4 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Ballou (2006) cita cinco problemas de localização. O primeiro seria a **força direcionadora**, que consiste na determinação da localidade em função de um fator fundamental que poderia ser econômico, estratégico etc. O segundo, a determinação do **número de instalações**. Para ele, localizar uma instalação é problema diverso da localização de muitas. No primeiro caso não existe a necessidade de considerar as forças competitivas, a divisão da demanda, os custos da instalação etc. Outro seria a **descontinuidade das escolhas**, a qual pode ser solucionada pelo uso de métodos de localização contínuos, que exploraram cada uma das localizações possíveis até escolher a melhor; ou discretos, que pesquisam dentre uma relação de opções definidas. O quarto problema refere-se-ia ao **horizonte de tempo**, definido como estático ou dinâmico. E o último diria respeito ao **grau de agregação de dados**, a decisão de localização envolveria a avaliação de um grande número de configurações de redes e para solução de um problema prático de localização seria necessário usar as relações agregadas de dados.

O objetivo do estudo da localização, conforme Bowersox (2001), seria responder questões tais como o número de centros de distribuição que a empresa deve ter e onde devem localizar, quais clientes e áreas do mercado devem ser servidos por cada depósito etc. Essas podem ser respondidas utilizando técnicas analíticas, programação linear e simulação.

As técnicas analíticas seriam as mais indicadas para instalações únicas. Constituem-se em, basicamente, encontrar a centro de gravidade. Para várias instalações o mais indicado seria utilizar técnicas de programação linear (de otimização) ou técnicas de simulação. Segundo Peixoto (2005), a otimização da rede consistiria em uma das abordagens da programação linear mais utilizadas, seu objetivo, minimizar os custos variáveis de

produção, de suprimento e de distribuição de mercadorias, sujeitos às restrições de fornecimento, demanda e capacidade.

## **2.5 OTIMIZAÇÃO DE REDE**

As decisões de localização exercem impacto a longo prazo no desempenho da cadeia e uma boa localização propicia a redução de custos. Segundo Chopra & Meindl (2003), as decisões sobre alocação exerceriam um impacto expressivo. Empregar capacidade excessiva em um local leva à subutilização. Da mesma forma, alocar menos capacidade que o necessário prejudica a eficiência se a demanda não é atendida ou eleva os custos no caso da demanda ser atendida por locais distantes. Afirma, ainda, que a localização exerceria forte impacto no desempenho da cadeia, porque afeta os custos de produção, o estoque e o transporte. As decisões de projeto de rede determinam a configuração da cadeia de suprimento e estabelecem as restrições dentre as quais estoque, transporte e informações podem ser usados para aumentar a eficiência.

De acordo com Chopra & Meindl (2003) as decisões do projeto de rede são influenciadas por fatores estratégicos, tecnológicos, macroeconômicos e políticos. Para ele, o modo como a empresa compete influencia as decisões de projeto de rede. Empresas que priorizam custos tendem a se localizar onde estes se mostram menores, em contrapartida as que visam eficiência tendem a situar próximas aos clientes de modo que haja condições de se reagir rapidamente às necessidades do mercado, ainda que isso signifique aumento de custos. A tecnologia também exerce influência direta. No caso de tecnologias que apresentam economias de escala, é mais interessante manter poucas instalações com maior capacidade. O contrário percebe-se para instalações que possuem custos fixos baixos, para as quais é mais

indicado várias instalações de menor capacidade distribuídas, visando reduzir custos de transporte. Da mesma forma os fatores macroeconômicos, exemplificados pelos impostos, tarifas, taxas de cambio etc e os fatores políticos exercem uma grande influência na configuração da rede.

## **2.6 CUSTOS**

Os custos totais de logística, composto da soma dos custos de transporte, estoque e instalações, contraídos na cadeia de suprimento se alteram à medida que o número de instalações, as localizações delas e a capacidade alocada sofrem modificações (CHOPRA & MEINDL, 2003).

Os custos de transporte que devem ser considerados no planejamento de uma rede logística envolvem os custos de fornecimento e de distribuição, isto é, o custo da movimentação de produtos desde o fornecedor até o centro de distribuição e deste até os consumidores. O depósito é usado para obter máxima consolidação de cargas. A redução dos custos de transporte associada à redução dos custos de produção determina o nível de competitividade de uma determinada localidade. Isso porque os custos de transporte dependem da quantidade a ser transportada e das distâncias percorridas. O aumento no número de locais para depósito reduz a distância que o produto deve percorrer. Dessa maneira, o aumento no número de instalações reduz o custo de transporte (CHOPRA & MEINDL, 2003). Entretanto o aumento do número de instalações eleva outros tais como instalação, transporte etc, custos esses influenciam os custos totais.

Na metodologia do custo total (Clássica), de acordo com Reis (1999), os custos de produção podem ser classificados em custos fixos e variáveis. Os custos fixos referem-se

àqueles que, durante um ciclo de produção, não alteram quando a produção é alterada e pode ser exemplificado pela depreciação de máquinas, equipamentos e instalações dos aviários. Os custos variáveis são alterados conforme a quantidade produzida. Segundo Ballou (2006), têm influência sobre essa variação fatores como diferenças nos níveis salariais, volume de compras de matérias-primas e diferenças nos custos de transporte interno de acordo com a distancia maior/menor entre as fábricas e suas principais fontes desses materiais.

De acordo com Lopes e Carvalho (2006), estudar os custos de produção de uma empresa agrícola é tarefa indispensável a uma boa administração. Pelo estudo sistemático dos custos incorridos na produção, pode o empresário fixar diretrizes e corrigir distorções possibilitando a sobrevivência do sistema de produção num mercado cada vez mais competitivo e exigente.

Os custos de estoque são compostos de custos de armazenamento, manuseio e complementares. As tarifas de armazenagem são cotadas em R\$/ton/ano sobre o estoque mantido. As despesas de manuseio se fazem presentes sempre que existe movimentação de entrada ou saída do produto. E as tarifas complementares cobrem diversos serviços, como entrega local e relatório sobre a situação dos estoques. Há também os custos de reposição de estoque, os custos de pedido etc. (BALLOU, 2006).

## **2.7 TRABALHOS DE OTIMIZAÇÃO**

A localização de instalações, de forma otimizada, em um projeto de rede é um problema comum e dos mais relevantes para empresários e profissionais de logística. Sua importância decorre dos altos investimentos envolvidos e dos profundos impactos que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos adicionado a um alto nível de

complexidade e grande número de dados. Com isso diversos pesquisadores têm se dedicado a estudar a localização de forma otimizada, a seguir são apresentados alguns destes trabalhos.

Lopes & Caixeta Filho (2000) buscaram a maneira mais eficiente de se organizar granjas de suínos e abatedouros, no Estado de Goiás, de modo a se obter minimização de custos de transporte de matéria-prima (milho e soja), suínos e carcaças, de acordo com as previsões de safra, bem como diferentes tamanhos de granjas de suínos. Desenvolveram o modelo utilizando programação inteira mista. No trabalho se considerou três cenários diferentes. O primeiro considerando o consumo médio nos últimos anos, em nível nacional e as demandas de GO e DF. O segundo e o terceiro considerando expectativas do setor de consumo *per capita* de 10 e 15 kg/hab./ano, respectivamente, e mercados de GO, DF e os municípios de Belo Horizonte, São Paulo, e Rio de Janeiro.

Visando minimizar custos de implantação, processamento e transporte, Ramos e Caixeta Filho (2002) formularam um modelo matemático de localização de *packing-houses* para regiões do Estado de São Paulo. Utilizou-se a programação inteira-mista. Foram adotados como centros de oferta e consumo e de processamento os 40 Escritórios de Desenvolvimento Rural (EDRs), e consideradas sete diferentes capacidades de processamento. Analisaram-se quatro cenários distintos, considerando-se a possibilidade de instalação de apenas uma planta processadora por região, igualdade entre a oferta e a demanda e inexistência de plantas processadoras. Os resultados evidenciaram a necessidade de economia de escala no processamento. Em relação à localização das plantas, o modelo recomendou as áreas intermediárias e identificou áreas potenciais para instalações.

Utilizando o método da p-mediada, Barcelos et al (2004) estudaram a localização de escolas públicas, identificando áreas onde havia excesso ou escassez de vagas. O método da p-mediana foi utilizado para propor uma realocação levando-se em conta os rearranjos

demográficos da área estudada, resultante da consideração de dados censitários do IBGE e as informações da população escolarizável em cada região. Utilizou-se o Arcview para representação e cálculo de diversos indicadores.

Wanke (2007) avaliou a distribuição direta ou escalonada nas relações de fornecimento entre indústria e varejo. Ele buscou responder se a iniciativa gerencial deveria ser estruturada via distribuição direta (estoque centralizado na indústria ou num centro de distribuição único) ou via distribuição escalonada (estoque descentralizado num centro de distribuição local). Considerando uma rede simples composta de uma fábrica, um centro de distribuição central, um centro de distribuição local e um universo de clientes a serem atendidos, determinou a equação de custo total que contém o principal *trade-off* da análise (gastos com transportes *versus* os níveis de estoque de segurança na rede) e como se comportava o coeficiente de correlação entre as demandas do depósito local e do mercado para o depósito central.

Utilizando sistemas de informação geográfica (SIG), Esquerdo (2005), realizou um estudo objetivando determinar áreas mais aptas à construção de uma agroindústria processadora de café, na cidade de Guaxupé, MG. Utilizou o método da análise por múltiplos critérios e considerou fatores e restrições dados pela cooperativa. Os fatores utilizados foram: acesso à área urbana, acesso às áreas de café, proximidade à água e declividade. As restrições foram relacionadas às áreas onde o empreendimento não deveria ser construído.

Ferrari (2006) utilizou um modelo matemático que minimiza os custos logísticos envolvidos na localização de armazéns no estado do Mato Grosso. Os custos logísticos considerados foram: custo de transporte da soja das regiões produtoras aos centros armazenadores, custos de armazenagem, custos de transporte dos armazéns aos portos selecionados e custos de implantação das unidades armazenadoras. Utilizou-se programação

inteira-mista, que considerou o mercado atuando em concorrência perfeita, oferta e demanda mensal por soja fixas, ou seja, inelásticas em relação ao preço, inexistência de economia de escala nas atividades de armazenamento e transporte. Formulou-se quatro cenários que consideraram a possibilidade de alteração na demanda, existência de economia de escala nos custos de construção dos armazéns e a modificação na participação dos armazéns no abastecimento aos portos.

Outra autora, Peričaro (2007), desenvolveu um modelo matemático que minimiza os custos de transporte associados ao processo de produção, para auxiliar na escolha da localização de uma agroindústria de aves. No modelo foram consideradas nove cidades possíveis para a instalação da empresa, e outras 21 cidades onde estariam localizados os integrados. Além disso, considerou-se apenas o mercado externo, o que significa que toda a produção será enviada ao porto de Paranaguá. Levou-se em consideração os custos de transporte dos pintainhos até os avicultores, custo de deslocamento dos técnicos até os integrados, custo de transporte de frango vivo dos avicultores até o abatedouro e o custo de transporte do frango abatido até o porto de Paranaguá. Realizou-se ainda uma comparação de custos com pedágio e sem pedágio.

## **2.8 MÉTRICA EUCLIDIANA**

De acordo com Bitencourt (2005) duas métricas se destacam no uso em sistemas logísticos: a métrica Euclidiana e a Retangular. A primeira provém da geometria básica desenvolvida por Euclides, onde o caminho mais curto entre dois pontos é uma reta. A segunda é mais coerente com os traçados perpendiculares de ruas e avenidas. As distâncias entre dois pontos nas métricas euclidiana e retangular podem ser definidas da seguinte forma:

Distância Euclidiana:

$$DE_{AB} = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{1/2}; \quad (2.3).$$

Distância Retangular:

$$DR_{AB} = [|X_A - X_B| + |Y_A - Y_B|]^2; \quad (2.4).$$

Onde  $(X_A, Y_A)$  e  $(X_B, Y_B)$  são as coordenadas dos pontos da cadeia de suprimento A e B, respectivamente.

As distâncias entre dois pontos nas métricas euclidiana e retangular podem ser definidas da seguinte forma:

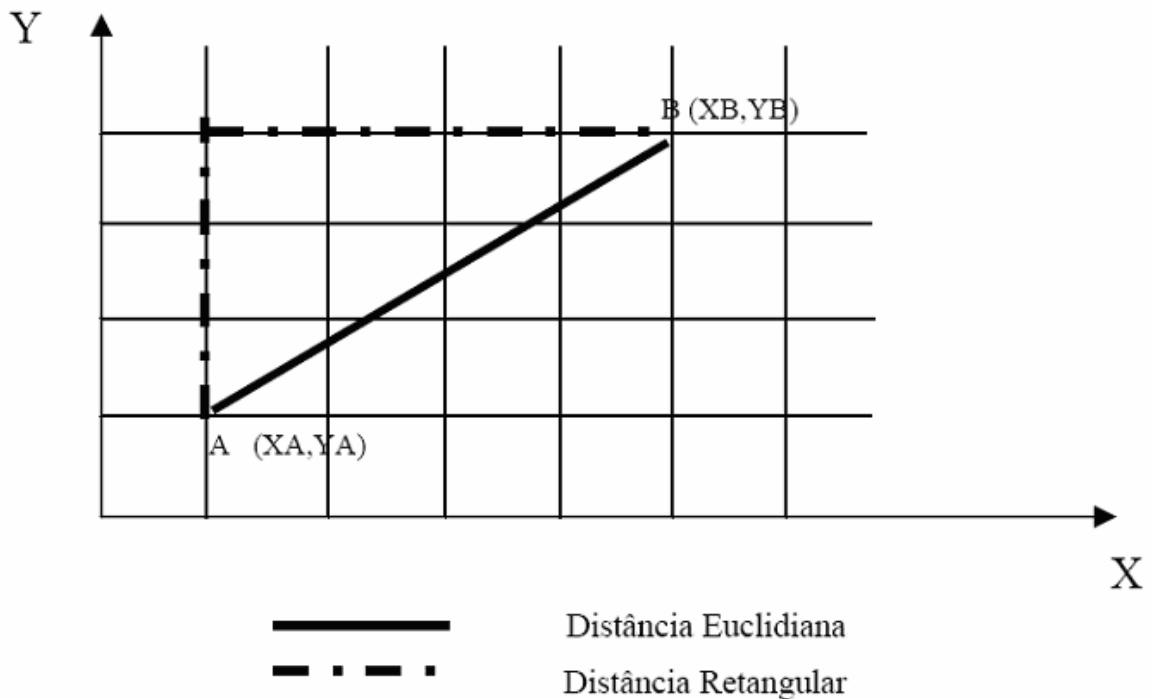


Figura 2.2: Distâncias



Entretanto, devido a características geomorfológicas ou até históricas as distâncias não se comportam de maneira tão simplificada como as duas fórmulas citadas. Para ajustá-las às distâncias reais é necessário utilizar fatores de correção utilizando métodos matemáticos, como análise de regressão, por exemplo. Com isso surgem na literatura fatores de correção para diferentes regiões e inúmeras fórmulas de distância.

Novaes (1989) e Love et al (1988), sugerem para estudos em malhas urbanas um fator de correção igual a 1,30, sendo o primeiro estudo realizado com mais de 110 ligações de rodovias em São Paulo e o segundo utilizado em Ontário (Canadá). Ainda segundo o autor, os fatores de correção para as malhas urbanas são geralmente maiores que os estimados para as malhas rodoviárias. Isto ocorre devido não só a razões históricas e geomorfológicas de crescimento das cidades mas devido a restrições de tráfego como sentidos obrigatórios e cruzamentos.

### **3 METODOLOGIA**

Visando a um melhor entendimento este capítulo foi dividido em: Coleta de dados, onde descrevemos o processo de obtenção e tratamento dos dados; descrição do modelo de Otimização utilizado; e as restrições a este modelo, que adaptam o modelo à realidade da empresa estudada; e por fim a implementação do modelo.

#### **3.1 A EMPRESA**

Os dados da pesquisa foram obtidos através de entrevistas com gestores, proprietários, sócios e funcionários, responsáveis por custos, logística, transporte e estratégia. Além de visitas realizadas à empresa e integrados.

A empresa estudada neste trabalho atua em toda a cadeia, desde a criação de aves avós, produção de ovos para incubação, matrizes e frangos de corte, abate, processamento e comercialização. Atua também no setor de suinocultura, ovinocultura, fabricação de rações e armazenamento de grãos (Figura 3.1). Além disso, mantém parceria para produção de alimentos prontos congelados.

A empresa produz diariamente cerca de 33.000, por meio dos 55 integrados. Essas aves são transportadas por caminhões de empresa terceirizada até o abatedouro onde ocorrem os processos de abate, embalagem e resfriamento. Posteriormente, há a armazenagem no centro de distribuição que atenderá cerca de 5.000 clientes (três mil clientes no DF e dois mil na região do entorno do DF).

Os clientes são grandes redes supermercadistas, médios e pequenos mercados, açougues, restaurantes, cozinhas industriais, hotéis, lanchonetes, padarias, hospitais, escolas entre outros/instituições etc.

No fluxograma, mostrado na Figura 3.1, estão discriminados os setores da cadeia de produção de frango em que a empresa atua. O foco deste trabalho está demarcado na figura e compreende o segmento da cadeia que engloba da produção de aves nos avicultores integrados passando pelo abate, processamento e distribuição.

A empresa possui granjas próprias de avós, que são adquiridos ainda pintainhos. São cerca de 16.000 avós da raça *Ross*, com produção aproximada de 160 ovos/ave fêmea e 125 ovos/ave macho. Os ovos são incubados pela própria empresa, em incubatórios com capacidade de 335.000 ovos/mês. Destes nascem as matrizes com destino ao produtores integrados do setor de matrizes. Estas aves possuem uma vida útil de dezessete meses, após este tempo são descartadas ou passam por um período de descanso para retomar a produção.

Dos ovos produzidos pelas matrizes (aproximadamente 16 milhões de ovos/mês) aproximadamente 25% é exportada para reprodução, 25% destinada ao mercado interno para consumo humano e os outros 50% são incubados em granjas da empresa até eclodirem.

Dividem-se os pintos de um dia na seguinte proporção: aproximadamente 50% para vendas nacionais e internacionais e o restante aos avicultores. O transporte dos pintos de um dia aos integrados é de responsabilidade da empresa.

A terminação do frango se dá próximo ao 43º dia de vida. Metade da produção é comercializada viva a clientes regionais (DF e entorno) e a outra metade terá abate efetuado por frigorífico alugado. A armazenagem das carcaças se realiza em centro de distribuição alugado, e a entrega aos clientes acontece conforme a demanda. A empresa se incumbe do

transporte, tanto dos frangos vivos (integrados até os abatedouros) quanto o de abatidos (do abatedouro ao centro de distribuição, bem como deste aos clientes finais).

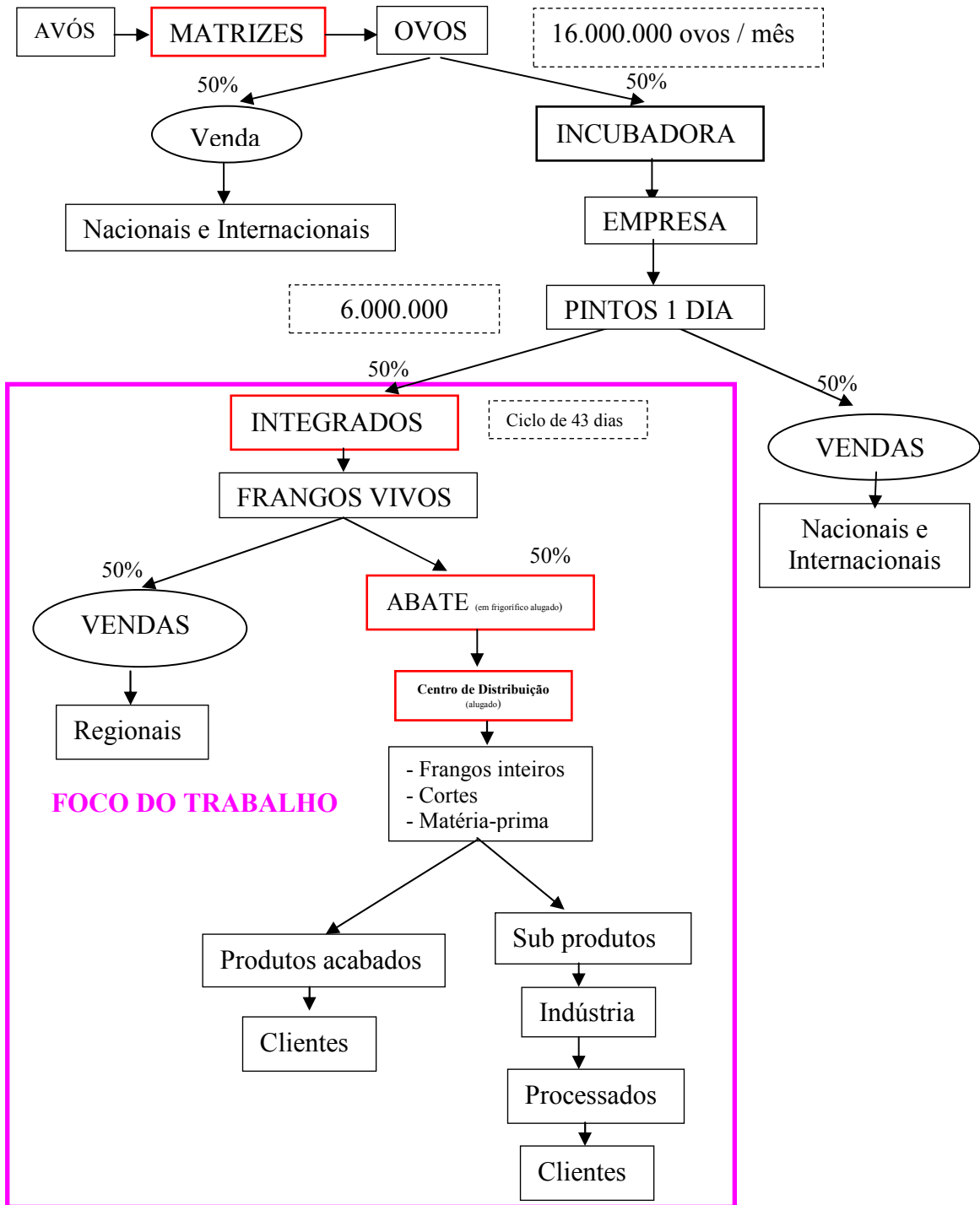


Figura 3.1: Abrangência da empresa

A empresa possui fábrica própria de ração e os insumos (milho e farelo de soja) são adquiridos junto a produtores do Distrito Federal e Estado de Goiás. A integradora se responsabiliza pela entrega da ração, armazenada em silos, aos integrados, em cada fase de vida do frango.

Os integrados se distribuem, de forma dispersa, pelo DF e entorno, conforme Figura 3.2. A entrega dos pintos de um dia acontece no início do ciclo, já os medicamentos e rações, periodicamente. Ao fim do ciclo médio de 43 dias, a própria empresa recolhe os frangos para o abate e posterior resfriamento. Após são enviados para o centro de distribuição e deste, conforme demanda, para clientes no DF e Goiás.

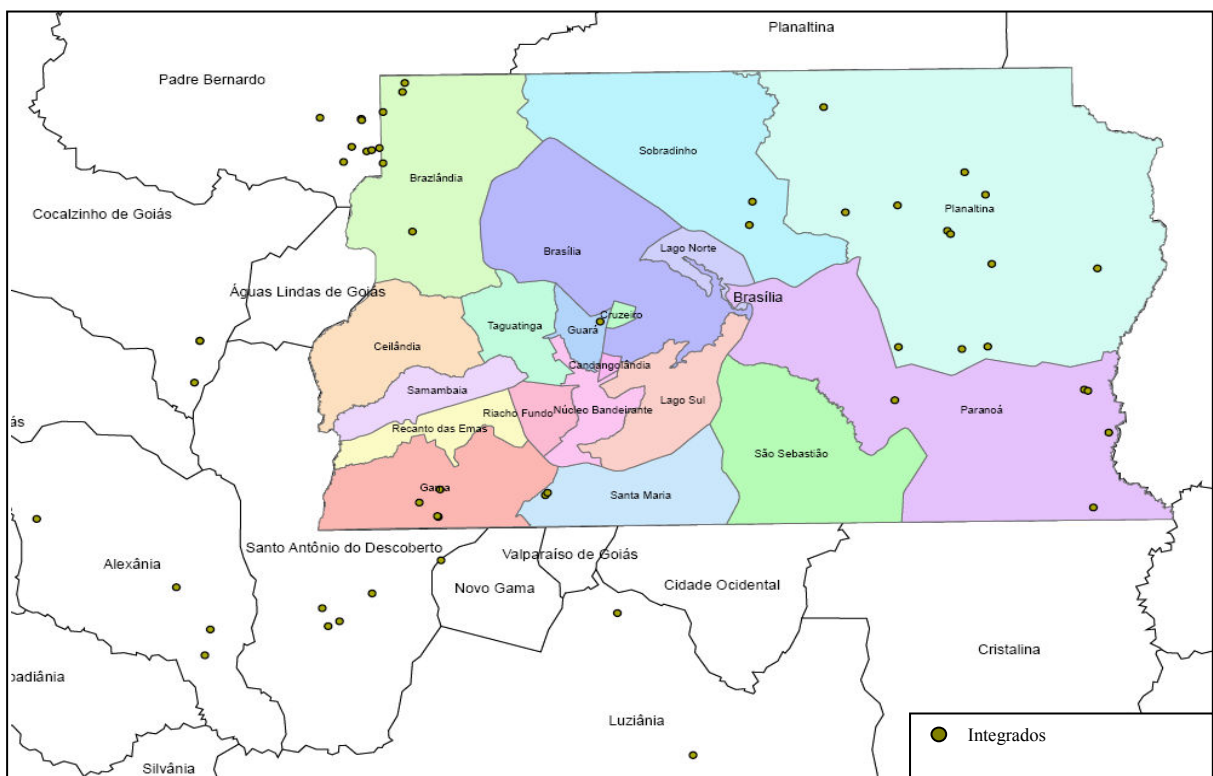


Figura 3.2: Localização dos integrados da empresa

A identificação da localização de cada integrado foi realizada por meio GPS (*Global Positioning System*). As coordenadas geográficas foram coletadas no formato UTM (Universal Transversa de Mercator) e inseridas no Programa ArcGIS<sup>®</sup>, pertencente à categoria dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG). Tais ferramentas associam bancos de dados com informações espaciais na forma de mapas digitalizados. Auxiliam a representação visual das análises possibilitando efetuar diversas operações entre banco de dados descritivos de ambientes geográficos. Utilizou-se o *software* para: calcular distâncias em linha reta; calcular o centróide das subáreas em que foram agrupadas os clientes dos produtos da empresa e servir como Banco de Dados.

As coordenadas foram inseridas no programa Google Earth<sup>®</sup>, facilitando a visualização das granjas e a correção, quando necessária, da localização das mesmas (Figura 3.3). Podem ocorrer discrepâncias inerentes aos aparelhos de GPS alterando uma posição em até 30 metros.



Figura 3.3: Fotografia de satélite de um dos integrados da Empresa

Os clientes finais foram agrupados em subáreas seguindo divisão geográfica adotada pelo Governo do DF (Figura 3.4). Optou-se por tal procedimento uma vez que se avaliou como inviável a discriminação de cada um dos 5.000 pontos de venda, aproximadamente. O centróide de cada subárea foi calculado utilizando o AcrGIS. Para o entorno do DF considerou-se as regiões situadas a uma distância máxima de 35 km a partir das fronteiras do DF, isso porque a empresa não atende toda a extensão das cidades do entorno.

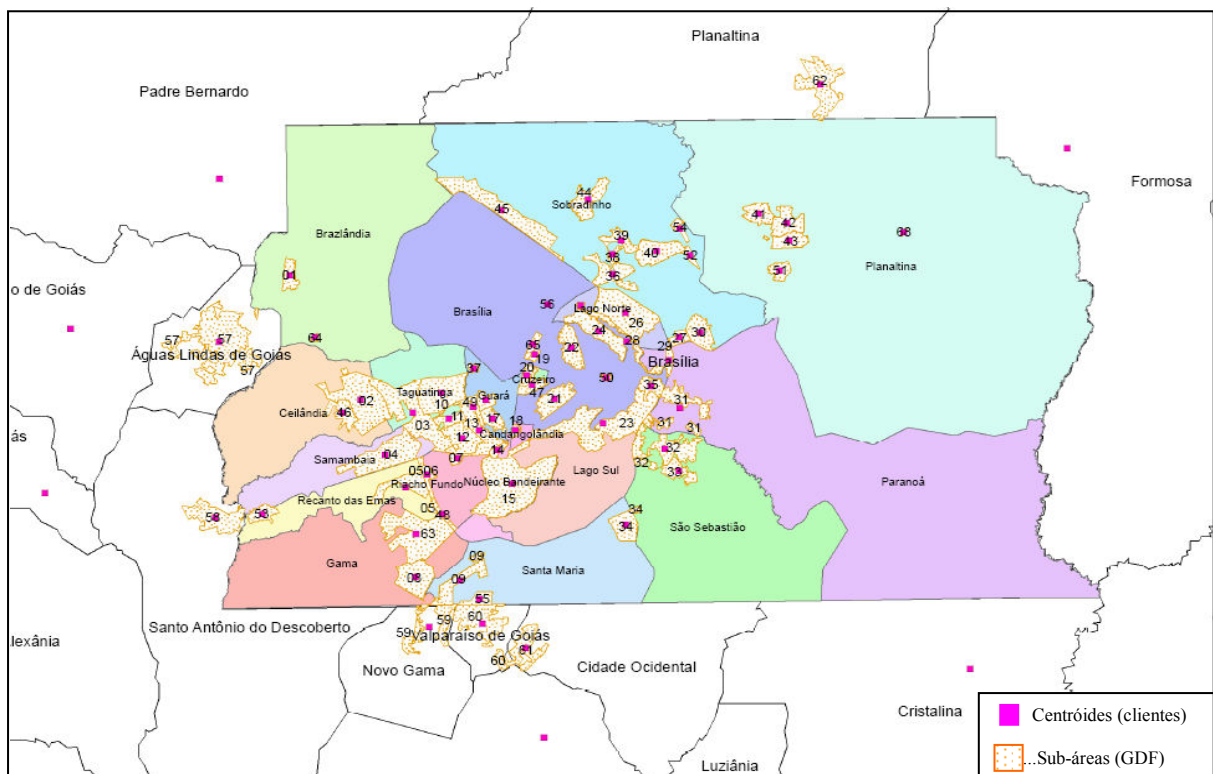


Figura 3.4: Centróides das subáreas – Grupos de clientes da empresa

A empresa possui uma intensa atividade de transporte empregada na distribuição dos pintos de um dia, entrega de ração aos integrados, recolhimento dos frangos vivos para o abate, disponibilização de produtos processados nos centros de distribuição e destes a cada ponto de venda. Tanto o abatedouro da empresa como o centro de distribuição são alugados

de terceiros e a localização destes não são consideradas ideais pelos gestores e, segundo eles interfere negativamente no nível dos custos da empresa, uma vez que tais setores são estratégicos. Tal cenário pode ser caracterizado como caso típico de cadeia de suprimento cuja minimização dos custos e otimização das atividades requer a aplicação de técnicas de pesquisa operacional.

A resolução de problemas de localização de plantas pode ser alcançada pelo uso de técnicas analíticas, de programação linear e de simulação. As analíticas são indicadas para localização de instalações únicas, as quais consistem em, basicamente, encontrar o centro de gravidade. Para a localização de múltiplas instalações é mais propícia as de programação linear ou as de simulação. Neste trabalho utilizou-se as técnicas de programação linear binária, também chamadas técnicas de otimização, visto que o principal objetivo do estudo é otimizar rede de suprimentos de uma agroindústria avícola, por meio da localização adequada do(s) abatedouro(s) e do(s) centro(s) de distribuição, visando redução de custos.

### **3.2 MODELO DE OTIMIZAÇÃO**

No estudo do segmento da cadeia de produção de frango da industria considerada empregou-se o modelo de otimização de redes (CHOPRA & MEINDL, 2003). Tal modelo emprega a técnica de programação linear com variáveis binárias na minimização dos custos operacionais. A função objetivo minimiza anualmente o somatório entre os custos da localização do abatedouro, os custos fixos da localização do centro de distribuição, os custos de produção e remessa dos frangos vivos do integrado até o abatedouro, os custos de abate e remessa até o centro de distribuição e os custos de armazenagem no centro de distribuição e remessa até os clientes finais.



A função objetivo do modelo é a seguinte:

$$\text{Min} \sum_{a=1}^n CF_a y_a + \sum_{d=1}^t CF_d y_d + \sum_{i=1}^l \sum_{a=1}^n C_{ia} Qp_{ia} + \sum_{a=1}^n \sum_{d=1}^t C_{ad} Qp_{ad} + \sum_{d=1}^t \sum_{c=1}^m C_{dc} Qp_{dc} : \quad (3.1)$$

Onde:  $n$  = número de possíveis abatedouros;

$CF_a$  = Custo fixo anual pela localização de um abatedouro em  $a$ ;

$Y_a = 1$  se o abatedouro estiver localizado em  $a$ , caso contrário, 0;

$t$  = número de possíveis centros de distribuição;

$CF_d$  = Custo fixo anual pela localização de um centro de distribuição em  $d$ ;

$Y_d = 1$  se o centro de distribuição estiver localizado em  $d$ , caso contrário, 0;

$l$  = número de integrados;

$C_{ia}$  = Custo de produção e transporte de uma tonelada de frango vivo do integrado  $i$  ao abatedouro  $a$ ;

$Qp_{ia}$  = Quantidade de matéria prima enviada pelo integrado  $i$  ao abatedouro  $a$ , em toneladas, por ano;

$C_{ad}$  = Custo de abate e transporte de uma tonelada de frango abatido do abatedouro  $a$  ao centro de distribuição  $d$ ;

$Qp_{ad}$  = Quantidade de produto enviada do abatedouro  $a$  ao centro de distribuição  $d$ , em toneladas, por ano;

$m$  = número de grupos de clientes;

$C_{dc}$  = Custo de armazenamento e transporte de uma tonelada de frango congelado do centro de distribuição  $d$  ao cliente  $c$ ;

$Qp_{dc}$  = Quantidade de produto enviado do centro de distribuição  $d$  ao cliente  $c$ , em toneladas, por ano.

No primeiro termo da equação tem-se o custo fixo anual da provável localização de um abatedouro ( $CF_a$ ) em  $a$  multiplicado pela variável binária  $y_a$  que assume o valor 1 se o abatedouro estiver localizado em  $a$ , caso contrário o valor será zero.

Informações levantadas junto a empresa indicaram cinco possíveis locais para instalação de abatedouros, que atendem a critérios mínimos de localização tais como a proximidade dos integrados, razoável distância da área urbana, proximidade de rodovias, entre outros. Todos os locais indicados estão no entorno do DF, nos municípios de Alexânia, Luziânia, Cristalina, Formosa e Santo Antônio do Descoberto (Figura 3.5).

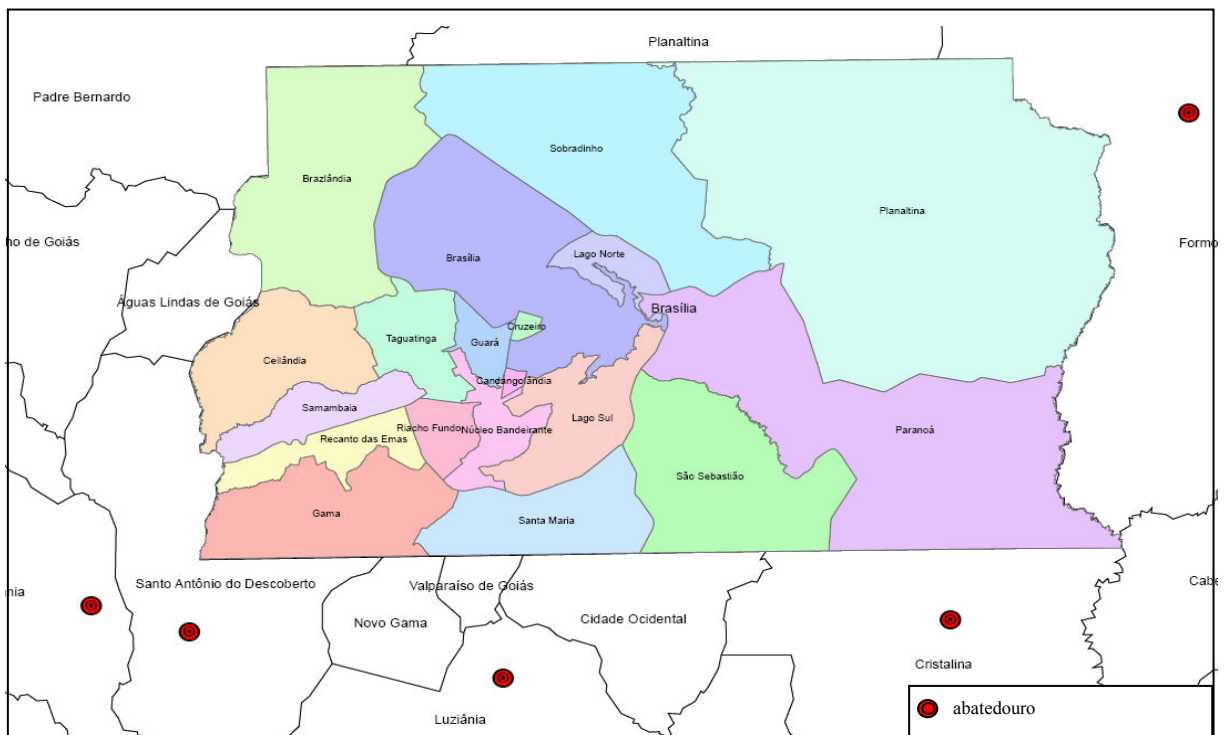


Figura 3.5: Opções de localização de abatedouros informadas pela empresa

De acordo com a empresa, os custos fixos anuais são os mesmos para todas as possíveis localizações indicadas, considerando a mesma planta de abatedouro para todos os

locais. O que geralmente difere é o valor de aquisição da terra e de impostos territoriais. Entretanto, este custo representa aproximadamente 5% dos custos totais e é comum os municípios doarem a terra e isentarem de impostos para atrair empresas.

Os custos mais significativos se relacionam à depreciação de máquinas de depenar, nória para sangria, abate, evisceração e gotejamento; resfriadores, mesas, armazenadores; além de benfeitorias, prédios e galpões.

Neste trabalho foram combinadas três capacidades de abatedouros com três de centros de distribuição. As capacidades adotadas para os abatedouros foram: 31.000 ton/ano, 15.500 ton/ano e 10.500 ton/ano. Os respectivos custos fixos anuais foram R\$5.115.000, R\$3.375.900 e R\$2.557.500 (Tabela 3.1). Essas capacidades foram definidas visando a garantia ao pleno atendimento da produção dos integrados. Conforme mencionado, não houve diferença entre os custos fixos anuais para instalação dos abatedouros nos locais indicados.

Tabela 3.1: Custos fixos (CF) anuais dos abatedouros indicados

Capacidade ton./ano	CF R\$/ano
31.000	5.115.000
15.500	3.375.900
10.500	2.557.500

O segundo termo da função objetivo considera o custo fixo anual pela localização de um depósito ( $CF_d$ ) em uma provável localidade  $d$  multiplicada pela variável binária  $y_d$  que assume valor 1 se o abatedouro estiver localizado em  $d$ , caso contrário zero.

Atualmente a empresa utiliza um depósito alugado. A partir de informações levantadas junto a mesma, indicou-se seis possíveis locais para instalação de depósitos, considerando alguns critérios como proximidade do mercado consumidor, infra-estrutura

básica e fácil acesso. Os locais indicados foram as Regiões Administrativas do Gama, Recanto das Emas, Samambaia; Valparaíso; Setor de Indústria e Abastecimento (SIA) e Santa Maria (Figura 3.6).

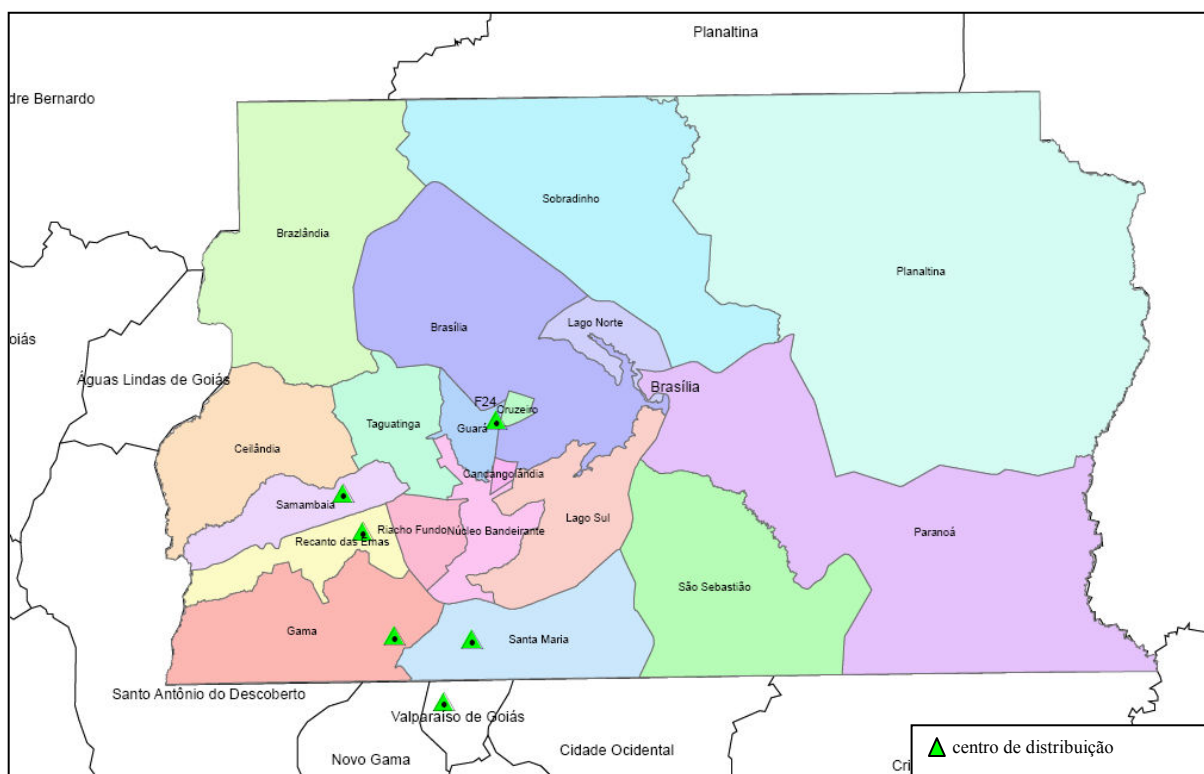


Figura 3.6: Opções de localização de centros de distribuição informadas pela empresa.

No que concerne à localização dos centros de distribuição, os custos fixos anuais foram divergentes, isso porque o valor de aquisição da terra e impostos detêm maior relevância, chegando a representar um terço do total dos custos fixos. Outros componentes assinalados como importantes foram os custos com a instalação, estruturas, painéis isotérmicos, manutenção do piso, compressores, docas niveladoras, empilhadeiras e transpaleteiras, além de galpões e energia.

Para os centros de distribuição as capacidades dinâmicas consideradas no modelo foram: 36.000 ton/ano, 18.000 ton/ano e 12.000 ton/ano, garantindo o atendimento aos abatedouros. A capacidade dinâmica refere-se à capacidade estática do depósito multiplicada pelo giro anual. Os custos fixos anuais dos centros de distribuição se diferenciam em função do local considerado, conforme a Tabela 3.2. Essa discrepância se deve, conforme já comentado, ao valor de aquisição da terra, no caso dos depósitos, representar quase um terço dos custos totais.

Tabela 3.2: Custos fixos (CF) anuais dos centros de distribuição nos locais indicados

Locais	Capacidade ton./ano	CF R\$/ano
Gama	36.000	1.559.880
	18.000	1.039.920
	12.000	779.940
Recanto das Emas	36.000	1.500.000
	18.000	1.000.000
	12.000	750.000
Samambaia	36.000	1.499.940
	18.000	999.600
	12.000	749.970
Valparaíso	36.000	1.440.000
	18.000	960.000
	12.000	720.000
SAI	36.000	1.800.000
	18.000	1.200.000
	12.000	900.000
Santa Maria	36.000	1.319.940
	18.000	879.960
	12.000	659.970

Fonte: informações fornecidas pela empresa

A capacidade dinâmica anual total para os centros de distribuição, considerada no modelo de otimização, corresponde a 5.000 ton/ano a mais que a estipulada para a capacidade de abate devido à necessidade de se manter um estoque de segurança maior no elo dependente da demanda dos clientes.

A demanda dos clientes influencia no fluxo dos frangos abatidos, fazendo-se necessárias, ao longo do ano, alterações na quantidade armazenada, o que não se observa no abatedouro, onde o frango vivo deve sofrer abate imediato para ser, em seguida, enviado ao centro de distribuição; sendo desnecessário, portanto, estoque.

No terceiro termo da Equação 3.1 são computados os custos agregados de produção e frete do integrado  $i$  ao abatedouro  $a$  ( $C_{ia}$ ). Considerou-se a presença de 55 integrados na otimização da cadeia. O custo total do frango terminado no integrado segundo informações da empresa, é R\$1,35, sendo que cada frango pesa em média 2,5 kg, ou seja, R\$0,54/kg.

Neste caso foi acrescentado apenas o custo do frete de cada integrado para cada opção de abatedouro, calculado a partir da quantidade média produzida do integrado em questão, no ano 2006 e da distância entre o integrado e o abatedouro.

A política de fretes do frango vivo considera o peso e a distância, conforme Tabela 3.3. Neste trabalho, considerou-se a tarifa referente a quantidade a partir de 10.501 kg, por representar a média de produção dos integrados. Trabalhar com uma quantidade abaixo significa ociosidade e elevação de custos. A capacidade do caminhão é de 14.000 kg.

Tabela 3.3: Política de frete de frango vivo por distância

Peso a partir de 10.501 kg	R\$ 1,35 / Km
Peso entre 9.501 a 10.500	R\$ 1,40 / Km
Peso entre 8.501Kg a 9.500 Kg	R\$ 1,45 / km
Peso Abaixo 8.501Kg	R\$ 1,50 / km

Fonte: dados da empresa

Foi utilizada a métrica Euclidiana para calcular as distâncias reais para os diversos deslocamentos previstos no modelo de otimização. Esta técnica é a forma mais comum de medir a distância real entre dois pontos. De posse das distâncias em linha reta utiliza-se um fator de correção para convertê-la para uma distância próxima da real, considerando peculiaridades referentes a topografia e condições de trafegabilidade etc.

O fator de correção mais indicado para áreas urbanas é 1,3, conforme Novaes (1989). Entretanto neste trabalho utilizou-se o valor 1,5 para converter as distâncias em linha reta para distâncias próximas das reais. Obteve-se esse fator de correção a partir da relação média entre as distâncias reais obtidas por meio de automóvel a partir da visita a 27 integrados e 15 clientes. E as distâncias em linha reta foram traçadas no programa ArcGIS. Adotou-se um fator de correção diverso do citado na literatura por se tratar de um problema que envolve tanto a área urbana quanto a área rural, além deste ser um melhor representante da realidade brasileira em termos de topografia, arquitetura, trânsito etc.

Para os integrados muito próximos (menos de 15 km do abatedouro) foi considerada a distância de 15 km, isso devido a elevada sensibilidade dos frangos que se estressam com mudanças ambientais bruscas, tanto para serem carregados ao caminhão, transporte até o abatedouro e o descarregamento, submeter os frangos num intervalo de tempo

curto a um novo estresse semelhante implica em maiores perdas, para reduzir essas perdas faz-se necessário percorrer, no mínimo, 15 km antes de se efetuar o descarregamento.

No quarto termo da Equação 3.1 considera-se o produto entre os custos anuais de abate e transporte de uma tonelada de frango vivo no abatedouro localizado em  $a$  ao centro de distribuição  $d$  ( $C_{ad}$ ) pela quantidade embarcada anualmente.

O custo total do frango abatido, segundo informações da empresa, é R\$0,076/kg. No custo total associado aos centros de distribuição ( $C_{ad}$ ) considerou-se o mesmo custo de armazenamento para todos os depósitos mais o custo do frete para cada centro de distribuição em particular.

A transportadora do frango abatido trabalha com uma parcela fixa e outra adicional (dependendo do local para onde será transportado). Na parcela fixa trabalha com a combinação de três tipos de caminhões (Tabela 3.4) e cinco estratos de quantidades a serem transportadas por vez. A parcela adicional irá variar conforme a área a ser transportada o frango abatido; há divisão do território em 4 áreas diferentes (Tabela 3.5). O frete final se dá considerando o tipo de caminhão, a quantidade transportada e a área de destino.

Tabela 3.4: Política de frete de frango abatido, parcela fixa.

Tipo de Caminhão	Parcela Fixa				
	Qtde. kg	Qtde. kg	Qtde. kg	Qtde. kg	Qtde. kg
3/4 (4.000 kg)	até 1800 kg	de 1801 a 2500 kg	de 2501 a 3500 kg	de 3501 a 4300 kg	mais de 4301 kg
Toco (6.000 kg)	até 2800 kg	de 2801 a 4000 kg	de 4001 a 5500 kg	de 5501 a 6.300 kg	mais de 6301 kg
Truck (12000kg)	até 5000 kg	de 5001 a 7000 kg	de 7001 a 9000 kg	de 9001 a 12000 kg	mais de 12001 kg

Fonte: dados da empresa



Neste trabalho, para o transporte do frango abatido do abatedouro até o centro de distribuição, considerou-se apenas o caminhão *truck*, por possuir maior capacidade, visando reduzir o frete devido a maiores quantidades e ganhos de escala. E o estrato de quantidade utilizado foi 9001 a 12.000 kg, por representar a média utilizada (informações da empresa).

Tabela 3.5: Divisão de fretes de frango abatido por áreas

Área 1	Plano Piloto, Lago Norte, Lago Sul, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Guará I e II, Riacho Fundo I e Taguatinga Sul
Área 2	Sobradinho I e II, Paranoá, São Sebastião, Riacho Fundo II, Recanto da Emas, Samambaia e Ceilândia
Área 3	Brazlândia, Planaltina, Gama, Santa Maria, Valparaíso, Cidade Ocidental, Novo Gama, Águas Lindas e Santo Antonio do Descoberto
Área 4	Luziania, Formosa, Planaltina-GO e Padre Bernardo

Fonte: dados da empresa

No quinto termo da Equação 3.1 são representados os custos de armazenamento e remessa, de uma tonelada, de frango congelado do centro de distribuição  $d$  ao cliente  $c$  ( $C_{dc}$ ) multiplicado pela quantidade embarcada anualmente do centro de distribuição  $d$  ao cliente  $c$ . Considerou-se 6 possíveis localizações para os centros de distribuição atendendo 72 grupos de clientes.

Na composição da variável  $C_{dc}$  considerou-se igual o custo de estocagem por tonelada em todos os centros de distribuição. A este acrescentou-se o custo do frete para cada cliente conforme Tabelas 3.4 e 3.5. Para tanto, considerou-se a utilização do caminhão tipo Toco (capacidade de 6 toneladas), que corresponde a média das quantidades transportadas, e o estrato de quantidade situado entre 4.001 a 5.501 kg, que, segundo a empresa, representa a média transportada aos clientes.

Considerou-se uma perda média de 26% no momento do abate, referente à vísceras, sangue, penas etc. e uma perda média de 0,012% toneladas/ano no centro de distribuição, segundo informações da empresa.

### 3.3 RESTRIÇÕES DO MODELO

As restrições usadas para adequar a função objetivo à realidade da empresa são:

Capacidade de abastecimento de cada integrado:

$$\sum_{\alpha=1}^n Q_{P_{i\alpha}} \leq Q_{int} \quad \text{para } int = 1, \dots, l; \quad (3.2)$$

Onde:  $Q_{int}$ : quantidade produzida, em toneladas, por ano, do integrado  $i$ .

A equação (3.2) restringe a quantidade total embarcada de cada integrado  $i$ , para os cinco abatedouros ( $n = 5$ ), a sua capacidade de produção. Esta restrição foi aplicada a cada um dos 55 integrados ( $l = 55$ ).

Balanco de entrada e saída nos abatedouros

$$\sum_{i=1}^l Q_{P_{i\alpha}} - \sum_{d=1}^t Q_{P_{\alpha d}} - P_{\alpha} \geq 0 \quad \text{para } \alpha = 1, \dots, n; \quad (3.3)$$

Onde:  $P_{\alpha}$ : perdas, em peso, verificadas no abate, em toneladas por ano

Pela equação (3.3), considera que a quantidade de frangos vivos embarcada anualmente pelos 55 integrados ( $l = 55$ ), para cada um dos cinco abatedouros ( $n = 5$ ), deve ser maior ou igual que a quantidade embarcada de cada abatedouro para os seis centros de distribuição considerados ( $t = 6$ ) mais as perdas que ocorrem no abatedouro. Conforme

informações levantadas junto à empresa estas perdas, naturais do processo de industrialização, estão na ordem de 26% em relação à quantidade de produto (toneladas de frango vivo) que entra no abatedouro, referentes a penas, sangue e vísceras.

Quantidade abatida:

$$\sum_{d=1}^t Q_{Pa_d} \leq Cap_a y_a, \quad \text{para } a = 1, \dots, n; \quad (3.4)$$

Onde:  $Cap_a$ : capacidade potencial do abatedouro, em tonelada por ano, no local  $a$ .

A quantidade, de frango vivo, abatida no abatedouro  $a$  e enviada ao centro de distribuição  $d$ , por ano, deve ser menor ou igual a sua capacidade de abate.

Balanco de entrada e saída nos depósitos:

$$\sum_{a=1}^n Q_{Pa_d} - \sum_{c=1}^m Q_{Pdc} - P_d \geq 0, \quad \text{para } d = 1, \dots, t; \quad (3.5)$$

Onde:  $P_d$ : perdas, em peso, verificadas nos depósitos, em ton por ano.

A quantidade embarcada do abatedouro  $a$  ao centro de distribuição  $d$ , por ano, deve ser maior que a quantidade embarcada do depósito  $d$  ao grupo de clientes  $c$  (os clientes foram agrupados em 72 grupos,  $m = 72$ ) mais as perdas associadas aos depósitos (informação da empresa revela que tais perdas giram em torno de 2,4 ton/ano ou 0,012%, no sistema de distribuição). Ou seja, a quantidade de frango abatido e congelado, armazenada no centro de distribuição não pode exceder a quantidade de frango abatida vinda do abatedouro.

Quantidade embarcada pelo depósito:

$$\sum_{c=1}^m Q_{Pdc} \leq Cap_d y_d, \quad \text{para } d = 1, \dots, t; \quad (3.6)$$

Onde:  $Cap_d$ : capacidade dinâmica do depósito, em toneladas por ano, no local  $d$ .

A quantidade anual, enviada aos grupos de clientes, não pode exceder a capacidade potencial do centro de distribuição  $d$ . Entende-se por capacidade potencial, a capacidade estática multiplicada pelo número de vezes que o depósito é abastecido no ano.

Quantidade enviada ao cliente por cada depósito:

$$\sum_{d=1}^I Q_{pd_c} = Q_{cli_c}, \quad \text{para } c = 1, \dots, m; \quad (3.7)$$

Onde:  $Q_{cli_c}$ : demanda anual do cliente  $c$ , em toneladas por ano.

A quantidade total, embarcada do centro de distribuição  $d$  ao cliente  $c$ , por ano, deve atender a demanda do mercado.

### 3.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

As características deste modelo de otimização o classifica como de programação linear binária por empregar variáveis 0/1. A implementação foi feita utilizando o software LINGO Extended (Versão 9.00, Licença nº LGPC5-901109). A listagem do programa encontra-se no Apêndice A. Os dados requeridos pelo programa, (discutidos anteriormente no modelo) foram organizados em planilha eletrônica de forma a serem acessadas por ele sempre que necessário.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicou-se o modelo de otimização desenvolvido (Apêndice A) na simulação de cenários. Considerou-se os possíveis abatedouros e centros de distribuição com três capacidades diferentes objetivando uma combinação para minimizar os custos da empresa estudada. Dividiu-se este capítulo em: cenário ótimo; primeiro e segundo cenários; e terceiro, quarto e quinto cenários, respectivamente, visando um maior entendimento dos resultados obtidos neste trabalho.

### 4.1 CENÁRIO ÓTIMO

Considerando todas as combinações possíveis entre as capacidades propostas para os abatedouros e centros de distribuição, o cenário ótimo fornecido pelo modelo de otimização mostra que deve ser instalado um abatedouro com capacidade de produção de 31.000 ton/ano (33.000 aves/dia) a um custo fixo equivalente a R\$5.115.000 ao ano, na cidade de Luziânia (GO) e um centro de distribuição com capacidade dinâmica de 36.000 ton/ano, na Região Administrativa de Santa Maria (DF), a um custo fixo R\$1.319.940 como mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Características do abatedouro e centro de distribuição do cenário ótimo

	Abatedouro	Centro de distribuição
Local	Luziania	Santa Maria
Capacidade (ton/ano)	31.000	36.000
Custos fixos anuais	5.115.000	1.319.940

O abatedouro atende a todos os integrados e o centro de distribuição atende à totalidade dos clientes. É possível visualizar na Figura 4.1 o esboço desse cenário. A localização do abatedouro em Luziânia, conforme mostra o modelo, se justifica por apresentar uma posição estratégica com relação a todos os integrados. Além da proximidade dos integrados de Santo Antonio do Descoberto e Alexânia, está numa posição intermediária entre os integrados de Brazlândia/ Padre Bernardo e Planaltina/ Paranoá.

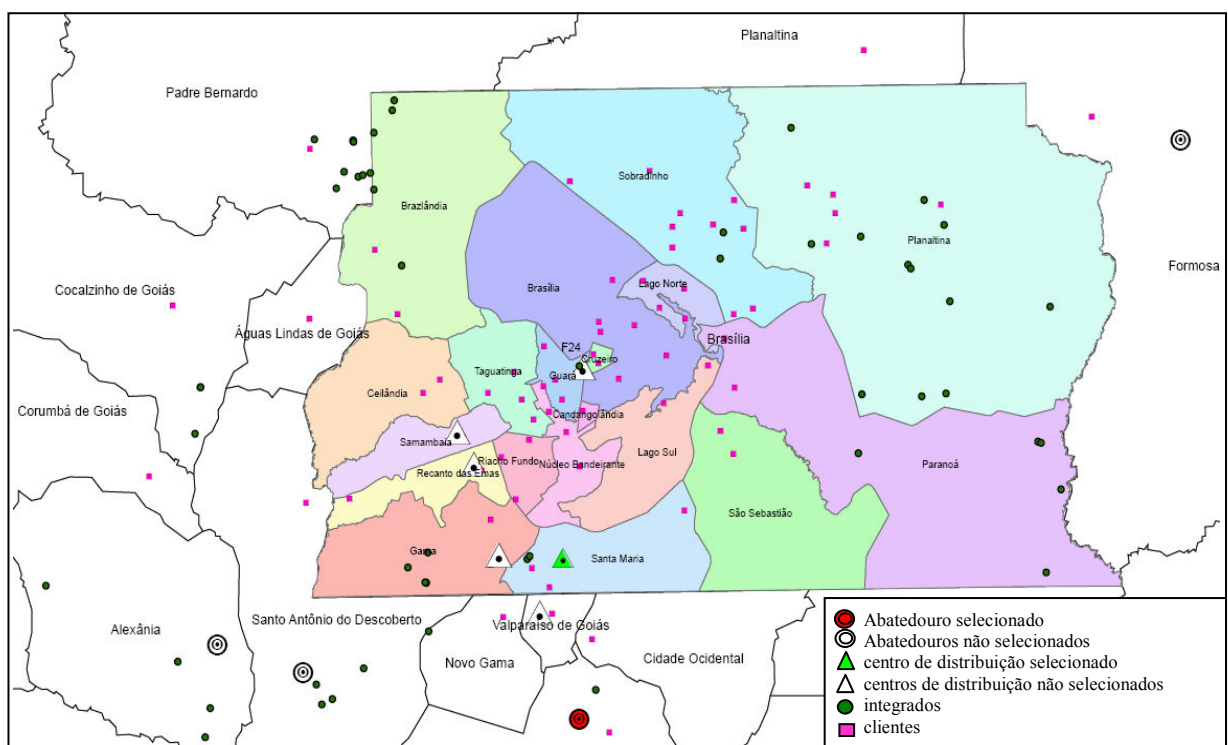


Figura 4.1: Configuração da rede de distribuição para o cenário ótimo

É possível desenvolver raciocínio semelhante para analisar a localização ótima resultante do centro de distribuição como sendo em Santa Maria, conferindo a este posição estratégica para atendimento dos clientes. Destaca-se ainda a proximidade com o abatedouro escolhido pelo modelo, além da pequena distância que o separa de oito dos dezoito maiores

grupos de clientes que, em conjunto, demandam por volta de 500 ton/ano, o que representa 15% da venda total. Soma-se a esses argumentos o fato de ser Santa Maria o local que apresenta menor custo fixo anual (Tabela 4.2).

Modelos de otimização que empregam programação linear binária ou inteira não possibilitam avaliar a faixa de variação possível nos coeficientes da função objetivo e nos valores das restrições. Com isto optou-se pelo estudo de cenários alternativos objetivando analisar o efeito da variação das capacidades dos abatedouros e centros de distribuição em relação ao cenário ótimo.

#### **4.2 PRIMEIRO E SEGUNDO CENÁRIOS ALTERNATIVOS**

Na otimização do primeiro e segundo cenários alternativos foi fornecido ao modelo a possibilidade de escolha de instalação de um abatedouro e dois centros de distribuição (primeiro cenário) e um abatedouro e três centros de distribuição (segundo cenário).

Para estes cenários alternativos o modelo manteve o abatedouro com capacidade de 31.000 ton/ano localizado em Luziânia (GO). No primeiro cenário para o programa considerar dois centros de distribuição estabeleceu-se em 18.000 ton/ano a capacidade dinâmica de estoque máxima para cada um. O resultado obtido mostrou que dever-se-ia instalar um centro de distribuição na cidade de Valparaíso (GO), com capacidade igual a 13.000 ton/ano, e um em Santa Maria (DF) com capacidade igual a 18.000 ton/ano (Tabela 4.4) essas configurações podem ser visualizadas nas Figuras 4.2 e 4.3. No segundo cenário a capacidade dinâmica máxima considerada para cada centro foi de 12.000 ton/ano, a fim de selecionar três locais possíveis para instalação dos mesmos. A resposta fornecida pelo

programa foi um centro de distribuição em Samambaia (capacidade de 8.360 ton/ano), um em Valparaíso (capacidade igual a 10.640 ton/ano) e um em Santa Maria (capacidade 12.000 ton/ano), conforme Tabela 4.4.

Na Tabela 4.4, a terceira coluna refere-se à capacidade dinâmica potencial de cada centro de distribuição (considerando a margem de segurança de 5.000 ton/ano em relação à capacidade de abate). Na última coluna tem-se a capacidade dinâmica utilizada pelos respectivos centros de distribuição. Pode-se perceber por esses valores que no primeiro cenário a unidade de Santa Maria (DF) trabalharia com sua capacidade plena enquanto que a unidade de Valparaíso (GO) manteria a margem de segurança considerada. Para o segundo cenário a capacidade plena estaria novamente em Santa Maria (DF) e as margens de segurança se situariam em Valparaíso (GO) e Samambaia (DF).

Tabela 4.4: Especificações dos centros de distribuição empregados no primeiro e no segundo cenários alternativos.

Cenários alternativos	Quantidade de depósitos	Capacidade dinâmica potencial (ton/ano)	CF* anual	Locais	Capacidade dinâmica utilizada (ton/ano)
1º	2	18.000	960.000	Valparaíso	13.000
			879.960	Santa Maria	18.000
2º	3	12.000	749.970	Samambaia	8.360
			720.000	Valparaíso	10.640
			659.970	Santa Maria	12.000

\* CF: Custo Fixo

No primeiro cenário, o depósito de Santa Maria (DF) atende 100% da demanda dos clientes situados em Taguatinga (DF), Riacho Fundo (DF), Núcleo Bandeirante (DF), São Sebastião (DF), Paranoá (DF), Planaltina (GO e DF), 97% de Brazlândia e 17% dela própria. Já o centro de distribuição de Valparaíso supre a totalidade demanda por Cidade Ocidental (GO), Santo Antonio do Descoberto (GO), Cocalzinho (GO), Ceilandia (DF), Samambaia



(DF), Recanto das Emas (DF) e Gama (DF); 3% da demanda de Brazlândia (DF) e 83% da de Santa Maria (DF), conforme Figura 4.2.

O programa desenvolvido (Apêndice A) possibilita análise semelhante para qualquer configuração que se queira estudar, ou seja, é possível discriminar quais as regiões são atendidas por cada centro de distribuição e a escala em que ocorre este atendimento.

A configuração da rede de distribuição desta forma implica, segundo o modelo de otimização, em um aumento de custos logísticos da ordem de 1,66% em relação ao cenário ótimo.

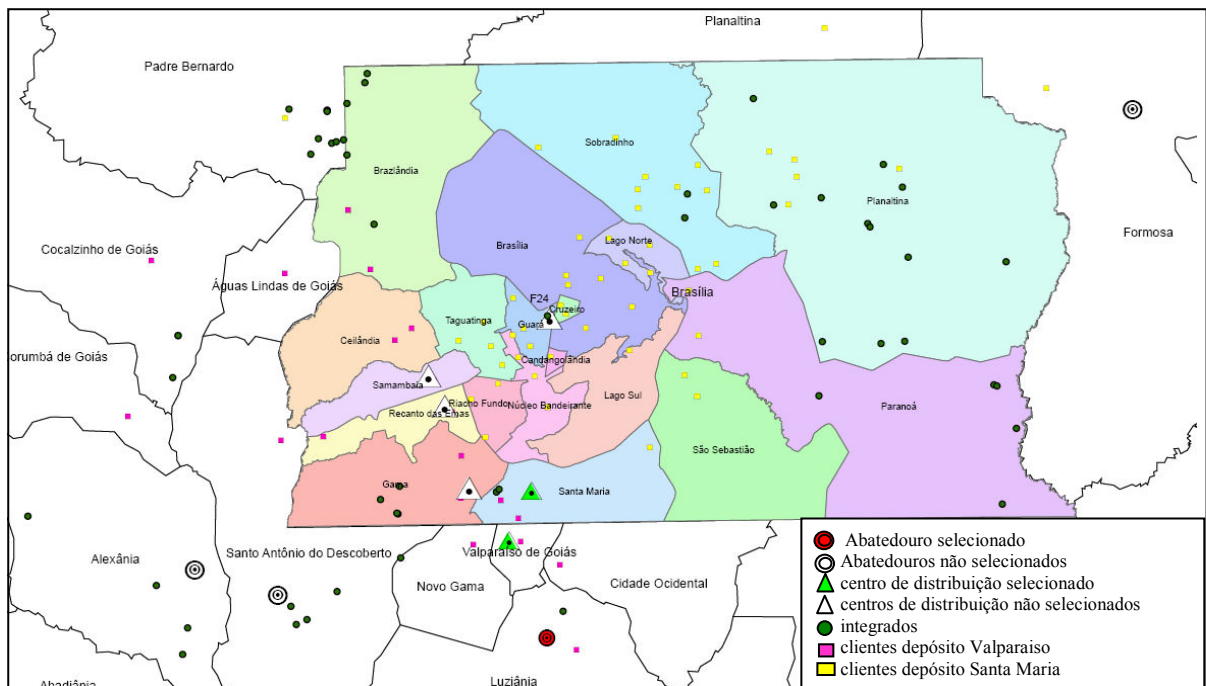


Figura 4.2: Configuração da rede de distribuição para o primeiro cenário alternativo.

Para o segundo cenário otimizado, os custos logísticos totais aumentaram em 2,4% em comparação com o cenário ótimo. Este aumento deve-se porque, esgotada a capacidade de atendimento do centro de distribuição de Santa Maria a utilização dos centros de Valparaíso e Samambaia eleva os custos, uma vez que estes atendem os clientes deixados a

descoberto por aquele depósito, que estão adjacentes àquele. Esta situação confirma o pressuposto de que é mais adequado a instalação de unidades de maiores capacidades do que pulverizar o atendimento utilizando mais unidades com menores capacidades. A localização de instalação única reduz a ação de fatores negativos na composição de custos tais como: a divisão da demanda entre as instalações, os efeitos da consolidação dos estoques e os custos da instalação.

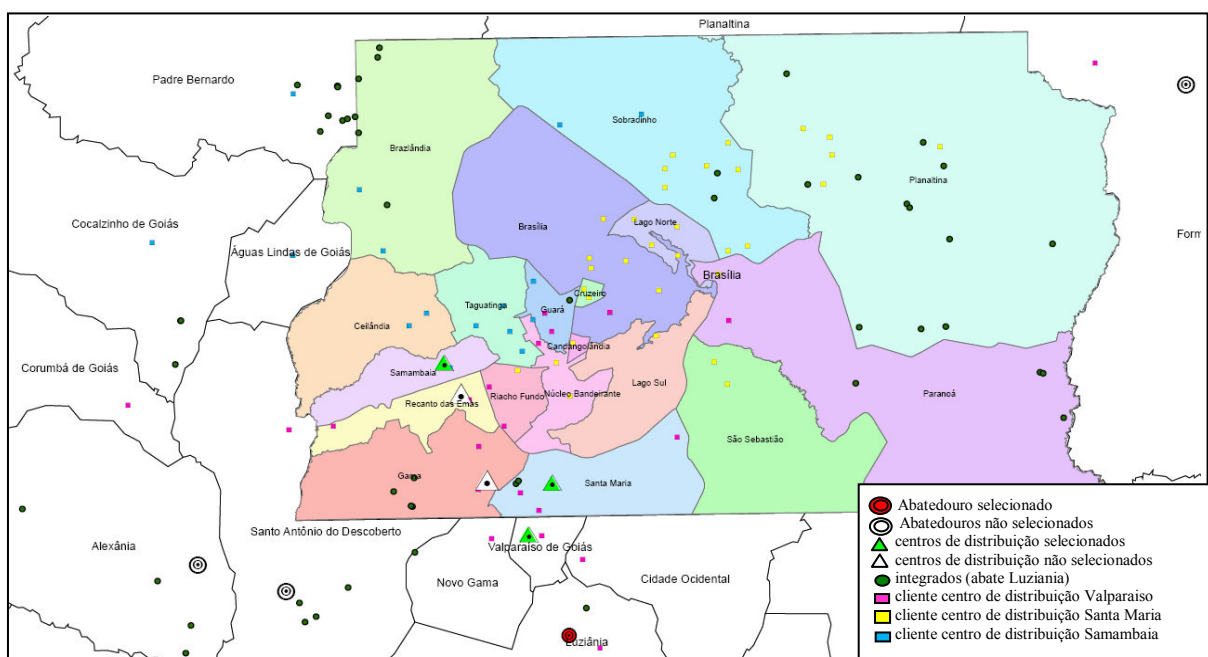


Figura 4.3: Configuração da rede de distribuição para o segundo cenário alternativo.

### 4.3 TERCEIRO, QUARTO E QUINTO CENÁRIOS

Para estes cenários o modelo otimizou as seguintes configurações: dois possíveis abatedouros para todos (cada abatedouro com capacidade igual 15.500 ton/ano); e um centro de distribuição para o terceiro cenário (capacidade dinâmica máxima de 36.000 ton/ano), dois

para o quarto cenário (capacidade dinâmica máxima de 18.000 ton/ano) e três para o quinto (capacidade dinâmica máxima de 12.000 ton/ano).

As respostas obtidas com o programa desenvolvido para instalação dos abatedouros estão resumidas na Tabela 4.5. No terceiro, quarto e quinto cenários, os abatedouros devem ser localizados em Luziânia e Santo Antonio do Descoberto, ambos em Goiás.

Tabela 4.5: Características dos abatedouros para o terceiro, quarto e quinto cenários alternativos.

Cenários	Quantidade de abatedouros	Capacidade (ton/ano)	CF R\$/ano	Locais
4°, 5° e 6°	2	15.500	3.375.000	Luziânia Santo. Antonio do Descoberto

\* CF: Custo Fixo

Os resultados relativos à localização dos centros de distribuição para o terceiro, quarto e quinto cenários estão resumidos na Tabela 4.6 e podem ser visualizadas nas figuras 4.4, 4.5 e 4.6. A localização do centro de distribuição para o terceiro cenário permanece em Santa Maria (DF), com capacidade dinâmica efetiva igual a 36.000 ton/ano. Quando se considera dois possíveis centros de distribuição, quarto cenário, o programa mostra que os locais deveriam ser em Samambaia (capacidade 14.321 ton/ano) e Santa Maria (capacidade 16.679 ton/ano). No caso do quinto cenário (três possíveis centros de distribuição) as localidades selecionadas para o programa foram: Samambaia (capacidade dinâmica de 12.000 ton/ano), Valparaíso (capacidade dinâmica de 7.000 ton/ano) e Santa Maria (capacidade dinâmica de 12.000 ton/ano).

Tabela 4.6: Características dos centros de distribuição do quarto, quinto e sexto cenários.

Cenários	Quantidade de depósitos	Capacidade dinâmica (ton/ano)	CF**** R\$/ano	Local	Capacidade dinâmica utilizada (ton/ano)
4°	1	36.000	1.319.940	Santa Maria	31.000
5°	2	18.000	999.600	Samambaia	14.321*
			879.960	Santa Maria	16.679**
6°	3	12.000	749.970	Samambaia	12.000*
			720.000	Valparaíso	7.000**
			659.970	Santa Maria	12.000***

\*Produto proveniente do abatedouro de Santo Antonio do Descoberto

\*\*Produto proveniente do abatedouro de Luziânia

\*\*\*1.511 ton/ano proveniente do abatedouro de Santo Antonio do Descoberto (GO) e o restante do abatedouro de Luziania (GO)

\*\*\*\*CF: Custo Fixo

Os aumentos percentuais nos custos logísticos totais devido aos cenários considerados foram: 6,14% no terceiro cenário, 7% no quarto cenário e 7,80% no quinto. Percebe-se que aumentando o número de abatedouros e centros de distribuição aumenta-se o custo total. Tal suposição se confirmou quando se simulou mais três cenários alternativos (sexto, sétimo e oitavo) considerando para cada um, três abatedouros, conforme Tabela 4.7. A inclusão de um abatedouro no terceiro cenário elevou os custos em quase quatro pontos percentuais e no sexto em mais de dois pontos percentuais, enquanto que a inserção de mais centros de distribuição aos cenários, em média, elevou os custos em 0,8 pontos percentuais. Isso ocorre devido aos maiores custos fixos para os abatedouros, o que se traduz em maior dificuldade em alterar o local da planta dos abatedouros que modifica o dos depósitos.

Tabela 4.7: Acréscimos percentuais referentes a cada cenário analisado.

Cenários	Quantidade de Abatedouros	Quantidade de depósitos	Acréscimo em relação ao custo otimizado (pontos percentuais)
Ótimo	1	1	—
1º	1	2	1,66
2º	1	3	2,40
3º	2	1	6,14
4º	2	2	7,00
5º	2	3	7,80
6º	3	1	10,00
7º	3	2	10,61
8º	3	3	11,44

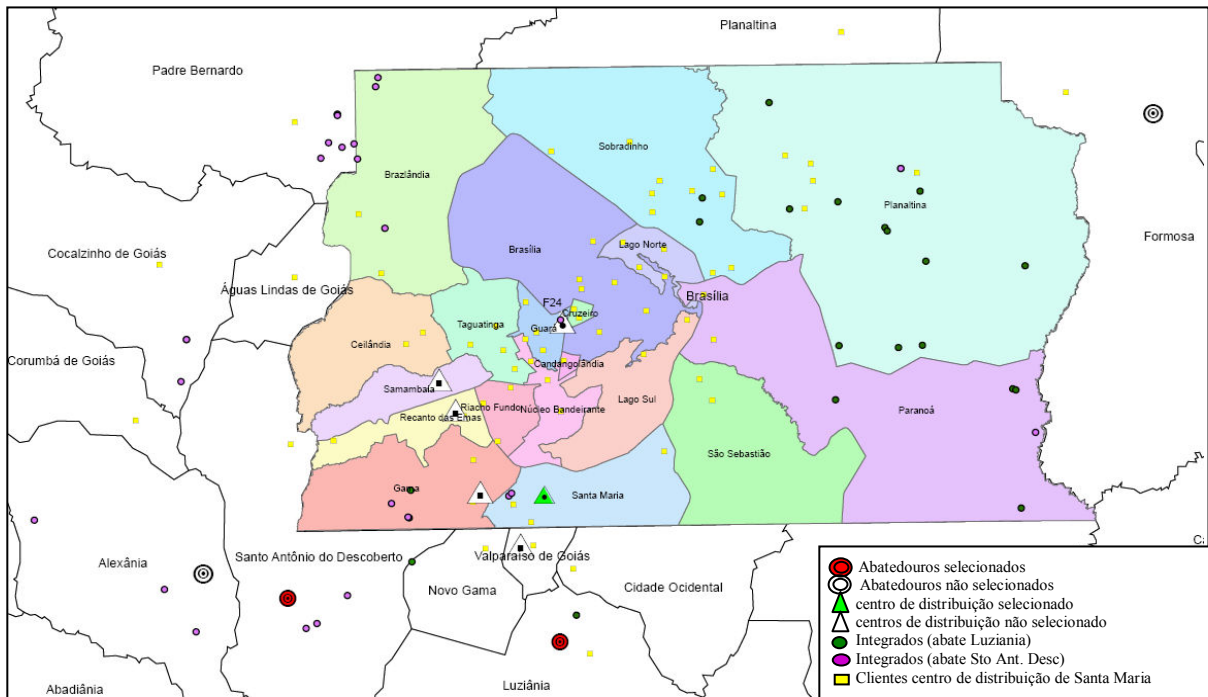


Figura 4.4: Configuração da rede de distribuição para o terceiro cenário alternativo.

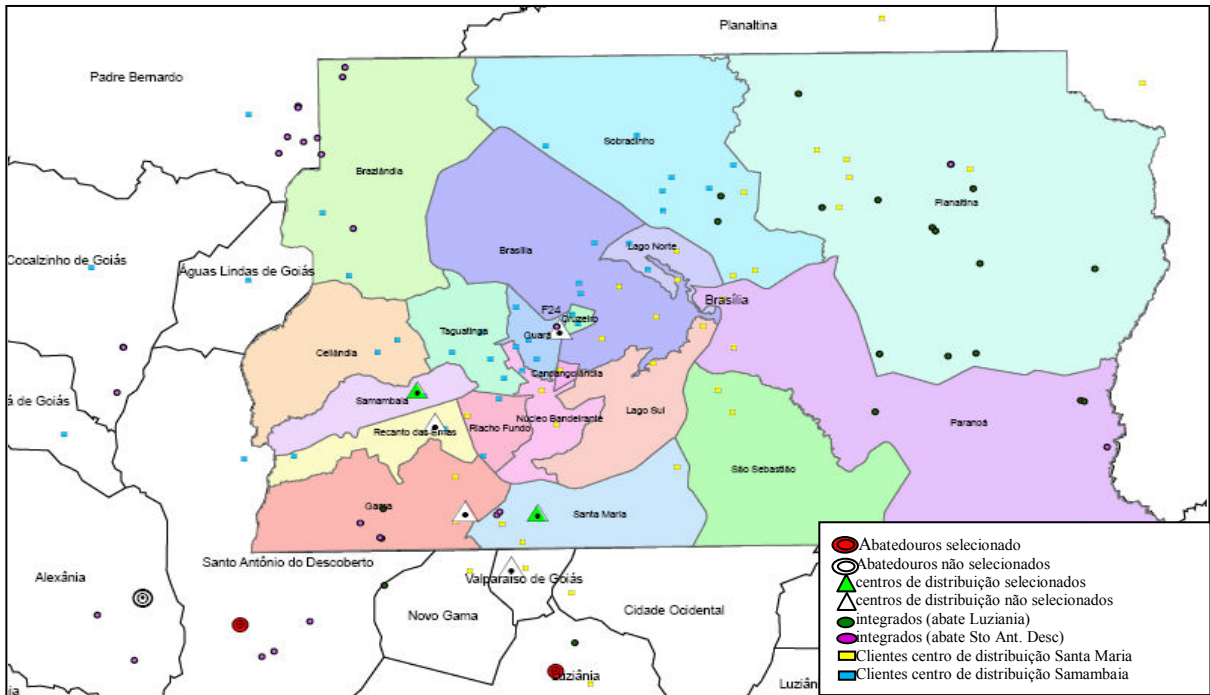


Figura 4.5: Configuração da rede de distribuição para o quarto cenário alternativo.

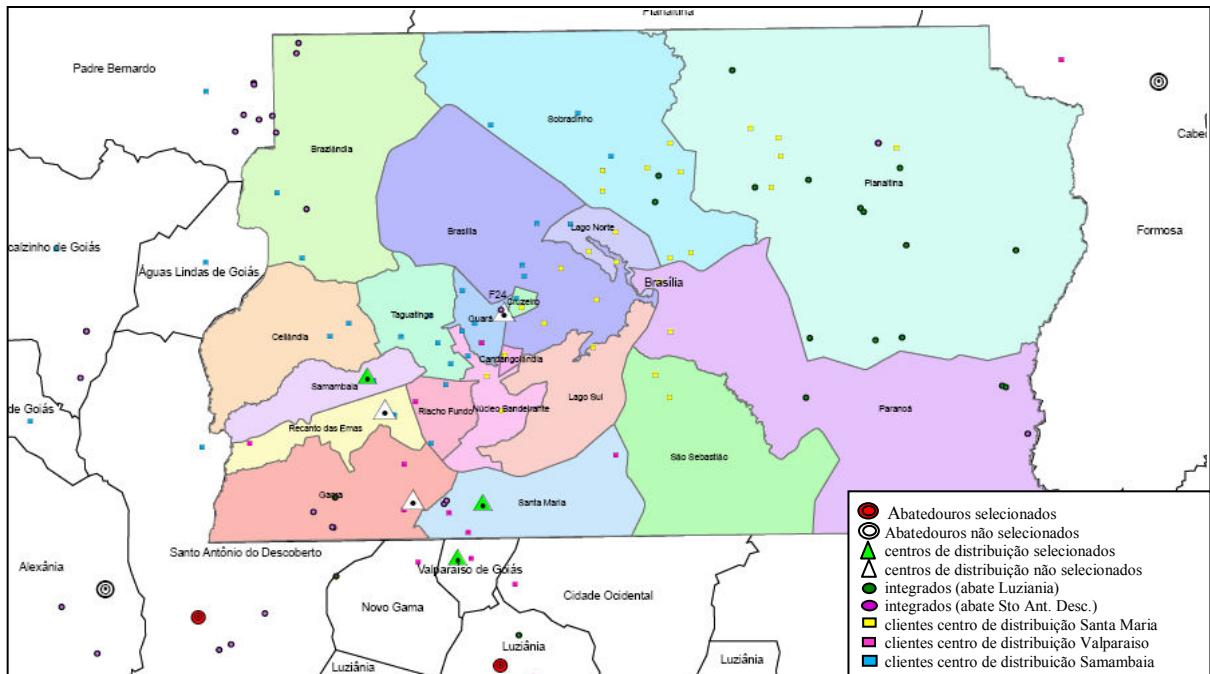


Figura 4.6: Configuração da rede de distribuição para o quinto cenário alternativo.

Nota-se, com este estudo, a relevância de se considerar a economia de escala no planejamento estratégico de uma empresa avícola. O estudo comprova que a instalação de abatedouros e centros de distribuição de maior capacidade, tende a levar a cenários de maior eficiência, o que corrobora com a teoria de que se a tecnologia de produção apresenta economias de escala expressivas, a escolha correta seria optar por poucas plantas com alta capacidade. Corrobora também com o estudo de Garcia e Ferreira Filho (2005), no qual analisou as economias de escala no setor avícola brasileiro.

Os abatedouros de Formosa e de Cristalina, indicados pelo gestor da empresa, não foram sugeridos em nenhum dos cenários obtidos pelo modelo. Da mesma forma não foram selecionados pelo programa centros de distribuição nas Regiões Administrativas do Gama e Recanto das Emas.

De acordo com os resultados apresentados, observou-se para todos os cenários uma tendência à implantação de abatedouros mais próximos aos integrados, visando minimizar os fretes de frangos vivos. A teoria de Weber explica essa tendência dos abatedouros localizarem próximos às granjas. Segundo o autor, alguns processos produtivos sofrem de perda de peso na matéria-prima, outros sofrem ganho de peso e há os que não apresentam alteração em seu peso. No primeiro caso as empresas tendem a se localizar próximas as fontes de matérias primas, no segundo próximas ao mercado consumidor e no último as empresas podem se orientar tanto para a proximidade do mercado quanto às matérias-primas. No caso da avicultura isso pode ser visualizado, os abatedouros tendem a se localizarem próximos aos fornecedores de matéria-prima, que nesse caso se configura o frango vivo terminado nos integrados, já que há uma grande perda de peso, cerca de 26% é perdido no abate referente a penas, sangue e vísceras. O que é perdido no abate é transformado em subproduto.

Este trabalho contradiz, para o caso da avicultura, a idéia de se reduzir a importância relativa dos fatores clássicos de localização. Neste trabalho evidenciou-se que tais fatores, como o custo do transporte, ainda mantêm considerável relevância. Os fatores contemporâneos também foram considerados importantes para escolhas dos locais de instalação dos abatedouros (proximidade com os integrados, razoável distância da área urbana e proximidade de rodovias) e centros de distribuição (proximidade de mercados consumidores, infra-estrutura básica e fácil acesso).

Os resultados simulados mostraram que para os centros de distribuição também houve uma tendência desses se localizarem próximos aos grupos de clientes, o que minimizou os custos com fretes, que são maiores para o transporte do centro de distribuição para os grupos de clientes. Isso ocorre porque as quantidades transportadas de frango abatido, do abatedouro até o centro de distribuição, podem ser feitas em maiores quantidades, possibilitando a instalação desses mais próximo aos clientes.



## 5 CONCLUSÕES

A utilização integrada de ferramentas de otimização com Sistemas de Informações Geográficas revelou-se adequada e propiciou agilidade na condução do trabalho, bem como respostas de fácil entendimento. Com isso foi possível um apurado discernimento quanto à localização dos abatedouros e dos centros de distribuição na região geográfica de abrangência da cadeia avícola explorada pela empresa.

A partir das informações coletadas junto à empresa, o resultado fornecido pelo modelo de otimização implementado mostrou que deveria ser instalado um abatedouro com capacidade anual de abate igual a 31.000 ton/ano na cidade de Luziânia (GO) e um centro de distribuição com capacidade dinâmica para armazenar 36.000 ton/ano na cidade satélite de Santa Maria (DF). O resultado exprime a lógica de que, com a otimização, a localização do abatedouro e do centro de distribuição deve ser a mais próxima possível dos avicultores integrados e dos grupos de clientes, respectivamente.

O estudo de cenários alternativos ao ótimo mostrou uma elevação dos custos à medida que se optava por reduzir a capacidade e aumentar a quantidade de abatedouros e centros de distribuição. Sendo este acréscimo mais sensível para o caso dos abatedouros.

Para futuros trabalhos sugere-se um aprimoramento no levantamento dos custos logísticos totais envolvidos no processo de integração dos avicultores, no abate e industrialização e no estoque empregando as metodologias clássicas (Custo Total e Custo Operacional). Uma vez instalado o abatedouro e o centro de distribuição sugere-se aplicação de métodos de programação multiperiódica em estudos visando a otimização do gerenciamento da cadeia pela empresa. A logística do roteamento envolvendo integrados,

fábrica de ração, abatedouro também poderia ser estudada empregando-se metodologias apoiadas em Sistemas de Informação Geográfica.

## 6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, N. C. M. **Origens e evolução espacial da indústria de alimentos do Rio Grande do Sul.** In. I Encontro de Economia Gaúcha, 2002, Porto Alegre. Anais do I Encontro de Economia Gaúcha, 2002.

AZZONI, C. R. **Teoria da localização: Uma análise crítica; a experiência de empresas instaladas no Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto de pesquisa Econômica, 1982. 200 pag.

BALLOU, R. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial.** 5ª edição, São Paulo: Bookman, 2006, 615 p.

BANDEIRA, R. A. de M., LINDAU, L. A., KLIEMANN, F. J. **Proposta de uma sistemática de análise para a localização de depósitos.** 2006. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

BARCELOS, F. B., PIZZOLATO, N. D., LORENA, L. A. **Localização de escolas de ensino fundamental com modelos capacitado e não-capacitado: caso de Vitória/ES.** Revista Pesquisa Operacional, v. 24, n. 1, p. 133-149, janeiro a abril de 2004.

BARQUETTE, S. **Fatores de Localização de incubadoras e empreendimentos de alta tecnologia.** São Paulo, Revista de Administração de Empresas, v. 42, nº 3, pág. 101-113, 2002.

BITENCOURT, M. A. P. **Componentes de um sistema computacional para análise de sistemas logísticos.** Rio de Janeiro, 2005. 191 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 190 p.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**; tradução Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves – São Paulo: Atlas, 2001.

CASTRO JUNIOR, W, L. **Características Transacionais nos Elos da Cadeia Avícola Diante da Ocorrência de *hold-up*: Um Estudo de Caso no Distrito Federal**. 2005. 136 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

CASTRO JUNIOR, W. L. ASTUTI, E.L., BOTELHO FILHO, F.B. **Arranjos contratuais entre diferentes elos da cadeia avícola do Distrito Federal**. Texto para discussão, 2003.

CAVALCANTE, L. R. M. T. **Produção Teórica em Economia Regional: Uma Proposta de Sistematização**. In: ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Nova Economia e Desenvolvimento Regional: Actas di IX Encontro Nacional da APDR. Coimbra: APDR, 2003. v2, p1321 – 1340.

CHOPRA, S. MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. Tradução Claudia Freire; revisão técnica Paulo Roberto Leite. – São Paulo: Prentice Hall, 2003

CLEMENTE, A.; HIGACHI, H. Y. **Economia e desenvolvimento regional**. São Paulo: Atlas, 2000. 260p.

COSTA, T. V. A. M. **Integração regional e seus efeitos sobre as exportações brasileiras de carne avícola**. 1999. Dissertação de mestrado em Economia Rural – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

DONDA JUNIOR, A. **Fatores Influentes no Processo de Escolha da Localização Agroindustrial no Paraná: Estudo de Caso de uma Agroindústria de Aves**. 2002. 141 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

ESQUERDO, J. C. D. M.; NERY, L. A.; ROCHA, J. V.; ZULLO Jr, J. **Uso de sistemas de Informação Geográfica para o suporte à decisão um exemplo de aplicação.** In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, pág. 2649 – 2655.

FALCÃO, J. F. N. **A Produção de Ovos Férteis Na Região Centro-Oeste: do Domínio Hierárquico aos Contratos de Integração – O Caso da Empresa Asa Alimentos. 2002.** 79 p. Dissertação de mestrado em Ciências Agrárias – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

FERRARI, R. C. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no estado de Mato Grosso.** 2006. 186 p. Dissertação de mestrado em ciências, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

GARCIA, L. A. F.; FERREIRA FILHO, J. B. S. **Economias de escala na produção de frangos de corte no Brasil.** Revista de Economia e Sociologia Rural, volume 43, numero 3. Brasília, 2005.

IPARDES. **Análise da Competitividade da Cadeia Agroindustrial de Carne de Frango no Estado do Paraná.** Curitiba, 2002, 230 p.

LOPES, M. A., CARVALHO, F. de M. **Custo de produção: uma ferramenta de suporte ao pecuarista.** In 1ª Jornada Técnica em sistemas de produção de bovinos de corte e cadeia produtiva, 2006, Porto Alegre. Anais. UFRGS, 2006, p 1-29.

LOPES, R. L.; CAIXETA FILHO, J. V. **Suinocultura no Estado de Goiás: Aplicação de um modelo de localização.** Revista Pesquisa Operacional, vol. 20, nº 2, p. 213-232, 2000.

LOVE, R. F.; MORRIS, J. G.; WESOLOWSKY, G. O. **Facility Location: Models and Methods,** North-Holland Publishing Company, New York, 1988.

MANZAGOL, C. **Lógica do Espaço Industrial.** São Paulo: DIFEL, 1985.

MARSHALL, A. **Princípios de Economia**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Os Economistas; Primeira edição: 1890).

MYRDAL, G. **Economic theory and under-developed regions**. Londres, Gerald Duckworth, 1957.

NOVAES, A. G. N. **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição de produtos**, Edgar Blucher, São Paulo, 1989.

PEIXOTO, P. T. V. **Modelo de otimização do valor de redes de centros de distribuição: uma proposta**. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM-009 A/2005, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 85p. 2005.

PERIÇARO, G. A. **Um estudo sobre a influência de custos de transporte na localização de uma agroindústria de aves**. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 132 p. 2007.

PERROUX, F. **O Conceito de Pólo de Desenvolvimento**. In Schwartzman, J. (org.) *Economia Regional: Textos escolhidos*. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 1977. (Primeira edição: *Note sur la notion de croissance*, 1955).

PORTER, M. **Competição – Estratégias Competitivas Essenciais**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Campus, 1999.

RAMOS, S. Y., CAIXETA FILHO, J. V. **Distribuição espacial de *packing-houses* de laranja no Estado de São Paulo: uma aplicação da teoria da localização**. Revista Economia Sociologia Rural, vol. 40, numero 3, Brasília, 2002.

REIS, R. P. **Introdução à teoria econômica**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 108 p.

ROMERO, B de C. **Análise de Plataformas Logísticas: Aplicação ao Caso do ETSP – Entrepasto Terminal São Paulo – da CEAGESP.** 2006. - Programa de Pós-Graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SABOYA, L. V. **A dinâmica locacional da avicultura e suinocultura no Centro-Oeste brasileiro.** 2001. 166 p. Dissertação de Mestrado em Ciências – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

UBA, UNIÃO BRASILEIRA DE AVIVULTURA. **Relatório anual 2006/2007.** Disponível em <[http://www.uba.org.br/hom\\_uba.html](http://www.uba.org.br/hom_uba.html)>. Acesso em 10 de outubro de 2007.

VIEIRA JUNIOR, P. A., LIMA, F., BELIK, W. **Agentes e instituições da cadeia produtiva do frango de corte.** VII Congresso Latino Americano de Sociologia Rural, 2006, Quito – Equador.

WANKE, P. F. **Distribuição direta ou distribuição escalonada? A visão da indústria numa rede de distribuição simples.** Revista Tecnológica, São Paulo, p. 66 – 73, 01 maio 2007.

WILLIAMSON, O. E. **Las instituciones económicas del capitalismo.** México: Fondo de Cultura Económica. 1989 (Traduzido do inglês por Eduardo L. Suarez).

## APENDICE A – MODELAGEM NO LINGO 9.0

MODEL:

TITLE PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE;

!LISTA DE VARIÁVEIS:

integrados: conjunto de avicultores integrados

int: quantidade produzida por cada integrado (ton)

abatedouros: conjunto de abatedouros

Capa: capacidade potencial de abate de cada abatedouro (ton)

depositos: conjunto de centros de distribuição

Capd: capacidade dinâmica de cada centro de distribuição (ton)

clientes: conjunto de clientes

cli: quantidade demandada por cada grupo de clientes (ton)

int\_abat: conjunto de links integrados-abatedouros

abat\_dep: conjunto de links abatedouros-depósitos

dep\_cli: conjunto de links depósitos-clientes

Cia: custo de produção e transporte de frango vivo do integrado ao abatedouro (R\$/ton)

QPia: quantidade de matéria prima disponibilizada pelo integrado ao abatedouro (ton)

Cad: custo de abater e transportar produto industrializado do abatedouro ao centro de distribuição (R\$/ton)

QPad: quantidade de produto enviado do abatedouro ao centro de distribuição (ton)

Pa: perdas no abatedouro (ton)

Cdc: custo de armazenamento e transporte de produto do centro de distribuição ao grupo de clientes (R\$/ton)

QPdc: quantidade de produto enviado do centro de distribuição ao grupo de clientes (ton)

Pd: perdas no depósito (ton)

c\_inst\_abat: conjunto de custos de instalação dos abatedouros

CFa: custos fixos anuais do abatedouro (R\$)

c\_inst\_dep: conjunto de custos de instalação dos depósitos

CFd: custos fixos anuais do depósito (R\$)

ya: 1 se determinado abatedouro for considerado, caso contrário ya = 0

yd: 1 se determinado depósito for considerado, caso contrário yd = 0

n: índice referente aos abatedouros



t: índice referente aos depósitos  
l: índice referente aos integrados  
m: índice referente aos grupos de clientes;

!CONJUNTOS;

SETS:

integrados /1..55/ : int;  
abatedouros/1..5/ : abat, pa,ya;  
depositos/1..6/ : dep, pd, yd;  
clientes/1..72/ : cli;  
int\_abat(integrados,abatedouros) : cia,qpia;  
abat\_dep(abatedouros,depositos) : cad,qpad;  
dep\_cli(depositos,clientes) : cdc,qpdc;  
c\_inst\_abat/1..5/ : cfa;  
c\_inst\_dep/1..6/ : cfd;

ENDSETS

!DADOS;

DATA:

!IMPORTANDO DADOS DO EXCEL;

int, abat, pa, cfa, dep, pd, cfd, cli, cia, cad, cdc =  
@OLE("TESE-ELIANE\DADOS.XLS");

ENDDATA

!FUNÇÃO OBJETIVO: MINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DA CADEIA;

MIN = @SUM(abatedouros(a) : cfa(a) \* ya(a)) +  
@SUM(depositos(d) : cfd(d) \* yd(d)) +  
@SUM(int\_abat(i,a) : cia(i,a) \* qpia(i,a)) +  
@SUM(abat\_dep(a,d) : cad(a,d) \* qpad(a,d)) +  
@SUM(dep\_cli(d,c) : cdc(d,c) \* qpdc(d,c));

!RESTRIÇÕES;

!CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO DE CADA INTEGRADO;

@FOR(integrados(i) :

@SUM(abatedouros(a) : qpia(i,a) <= int(i));

!BALANÇO DE ENTRADA E SAÍDA NO ABATEDOURO:

QUANTIDADE RECEBIDA DOS INTEGRADOS = QUANTIDADE ENVIADA AOS  
DEPOSITOS + PERDAS NO ABATEDOURO;

@FOR(abatedouros(a) :

@SUM(integrados(i) : qpia(i,a) -

@SUM(depositos(d) : qpad(a,d) + pa(a) >= 0);

!QUANTIDADE PRODUZIDA NO ABATEDOURO NÃO PODE EXCEDER SUA  
CAPACIDADE;

@FOR(abatedouros(a) :

@SUM(depositos(d) : qpad(a,d) <= abat(a) \* ya(a));

!BALANÇO DE ENTRADA E SAÍDA NO DEPÓSITO:

QUANTIDADE RECEBIDA DOS ABATEDOUROS = QUANTIDADE ENVIADA AOS  
GRUPOS DE CLIENTES + PERDAS NO DEPÓSITO;

@FOR(depositos(d) :

@SUM(abatedouros(a) : qpad(a,d) -

@SUM(clientes(c) : qpdc(d,c) + pd(d) >= 0);

!QUANTIDADE ARMAZENADA NO DEPÓSITO NÃO PODE EXCEDER SUA  
CAPACIDADE;

@FOR(depositos(d) :

@SUM(clientes(c) : qpdc(d,c) <= dep(d) \* yd(d));

!GARANTIA DE ATENDIMENTO A CADA CLIENTE PELOS DEPÓSITOS;

@FOR(clientes(c) :

@SUM(depositos(d) : qpdc(d,c) = cli(c));

!VARIÁVEIS BINÁRIAS PARA OS ABATEDOUROS;

@FOR(abatedouros(a) :

@BIN(ya(a));

!VARIÁVEIS BINÁRIAS PARA OS DEPOSITOS;

@FOR(depositos(d) :

@BIN(yd(d)));

END