

LALT – LABORATÓRIO DE APRENDIZAGEM EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES

DGT - DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA E TRANSPORTE

FEC- FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Trabalho de Final de Curso

MÉTODOS COMPUTACIONAIS APLICADOS A PROJETOS DE REDES LOGÍSTICAS

Aluno: Juliana Marion Moreira Alves

Coorientador: MSc. Sérgio Adriano Loureiro

Orientador: Prof.Dr. Orlando Fontes Lima Jr

Campinas

2011

RESUMO

A eficiência dos elos que compõem a rede logística de uma cadeia de suprimentos está atrelada à eficiência com que os custos de todas as etapas são geridos. Esta gestão demanda uma visão global de toda a cadeia e através da aplicação de modelos que fazem uso na totalidade ou em parte, das propriedades e comportamentos deste sistema, pode-se obter soluções ótimas que permitem sua manipulação e estudo detalhado. Assim, esta pesquisa se propôs a conceituar os vários elementos da modelagem com auxílio computacional, como ferramenta para a tomada de decisão de projetos de redes logísticas. Além de aplicar o conceito de Programação Linear Inteira Combinada ou Mista em um projeto real de rede logística de uma empresa do setor de aromas e fragrâncias. Para isso, utilizou-se uma ferramenta computacional de otimização de redes.

Palavras-chave: rede logística; programação linear inteira combinada ou mista; projetos.

SUMÁRIO

Sumário

Digite o título do capítulo (nível 1)	1
Digite o título do capítulo (nível 2)	2
Digite o título do capítulo (nível 3)	3
Digite o título do capítulo (nível 1)	4
Digite o título do capítulo (nível 2)	5
Digite o título do capítulo (nível 3)	6

Os títulos dos capítulos devem ser em letra maiúscula e os das subdivisões em letra minúscula, exceto a inicial da primeira palavra.
Recomenda-se uma linha de pontos para interligar a última palavra de cada capítulo ao número da página.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho de uma empresa perante o mercado está atrelado a suas estratégias, sejam elas corporativas ou logísticas. Uma boa estratégia logística demanda uma abordagem inovadora para se atingir os objetivos e se estabelecer a visão desta empresa a um horizonte de atuação, de forma a se agregar valor para a empresa em si, seus fornecedores e clientes.

A administração logística eficiente interpreta cada atividade da cadeia de suprimentos como contribuinte ao processo de agregação de valor. Este valor é primeiramente manifestado em termos de tempo e lugar, uma vez que produtos e serviços não tem valor a menos que estejam em poder dos clientes quando (tempo) e onde (lugar) eles determinarem (BALLOU, 2006).

Ao analisarem-se os diversos elos da logística, um dos mais relevantes é o atendimento aos níveis de serviço ao cliente, definidos pela estratégia de marketing aliada ao menor custo total de seus componentes (UBRIG, 2005).

Isso se traduz no fato de que os esforços para a redução dos custos de transportes, armazenagem, processamento de pedidos, estoques, compras e vendas devem ser feitos conjuntamente, pois, caso ocorram isoladamente, podem repercutir em aumento de custos dos outros componentes (YOSHIZAKI, 2002). Esta análise conjunta do sistema de redes que compõem a logística de uma cadeia de suprimentos pode ser auxiliada pela modelagem.

O planejamento de forma esquemática e clássica pode ser dividido de acordo com seu horizonte de projeto e de sua flexibilidade de alteração, resultando na hierarquia de níveis operacional, tático e estratégico. Para o projeto de uma rede logística devendo-se planejar no nível estratégico, pautado pela variedade de parâmetros e informações que se fazem necessários.

O porte do problema e a complexidade de uma rede logística justifica o uso de modelos matemáticos tanto exatos como de simulação para auxiliar na análise e decisão do desenho de rede mais adequado, para este trabalho foi escolhido o método

exato de programação linear inteira combinada ou mista. Outros métodos foram citados a título de informação na seção de fundamentação teórica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho era fazer uso de uma ferramenta computacional comercial, cujo modelo matemático fosse o de programação linear inteira mista, para a resolução de um problema de localização e alocação de demanda em uma rede logística. Através desta ferramenta, buscou-se encontrar a solução ótima para dois cenários propostos, visando o menor custo total.

2.2

Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento dos conceitos envolvidos no projeto de uma rede logística;
- Analisar os diferentes tipos de modelagem sob a ótica das aplicações e especificidades;
- Fazer uso de uma ferramenta computacional comercial para realizar a modelagem por programação linear inteira mista da rede logística proposta;
- Focar a busca pela solução ótima com menor custo total envolvido;
- Avaliar os resultados encontrados.
- Avaliar a ferramenta utilizada sob a ótica da interface com o usuário, os requisitos de dados a serem fornecidos e o resultados gerados.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Redes logísticas – Estratégias de Localização e alocação

Uma rede logística pode ser composta por vários pontos nodais, como fábricas, armazéns, centros de distribuição, terminais de cargas, fornecedores e mercados consumidores.

Dentre as decisões estratégicas a serem tomadas ao se projetar uma rede logística, invariavelmente objetiva-se a minimização dos custos logísticos para determinado nível de serviço. Para o posicionamento de cada ponto nodal em uma rede, uma empresa deve definir o número destes pontos, suas localizações e quais mercados eles irão atender. Além disso, devem-se estabelecer padrões de alocação de estoque, ou seja, o grau de pulverização do mesmo na rede norteado pela demanda de mercado (WANKE et al, 2009).

A problemática da localização das instalações merece especial atenção, à medida que envolve altos investimentos e tem profundos impactos no custo total da rede de distribuição, uma vez que influencia diretamente nas condições para o gerenciamento de transportes e nos níveis de estoque na rede.

Ballou (2006) ressalta que este questionamento pode ser dividido em:

- a) Determinação da relevância dos fatores, como o lucro de determinada região ou a acessibilidade viária;
- b) Determinação do número de instalações a serem abertas;
- c) Influência na determinação da localização;
- d) Escolha do horizonte de projeto;
- e) Escolha do grau de interatividade dos dados;

Não obstante, a questão da alocação dos estoques deve ser tratada com atenção. Neste momento, deve-se analisar o binômio centralização/descentralização de estoque: uma rede com alto grau de descentralização (mais armazéns) apresenta

um maior custo total de manutenção de estoques do que uma rede descentralizada, devido ao custo de vários estoques de segurança (WANKE et al., 2009). Apesar desta afirmação, a decisão não pode ser tomada baseando-se apenas no custo de manutenção de estoque.

Para elaborar uma estratégia ótima, é necessário recorrer a ferramentas flexíveis de ajuda à tomada de decisão no que diz respeito à sustentação das análises de cenários sofisticados (MARTEL & VIEIRA, 2010).

Primeiramente é necessário analisar o cenário atual da rede logística através do mapeamento de todas as atividades e processos realizados, a fim de se determinar de forma precisa os desafios e as fronteiras do sistema a ser estudado. Nesta etapa, inclui-se a análise da concorrência, através de dados comerciais e industriais, novas tecnologias e parceiros potenciais.

Em relação ao mapeamento de processos, o estudo visa identificar os geradores de custos logísticos (suprimento, produção, armazenagem, transporte, etc.). Atenção especial deve ser dispensada aos processos de demanda e a relação destes com os estímulos gerados pela rede logística (prazos, qualidade e serviço), uma vez que é essa relação a responsável pela geração de valor na cadeia (MARTEL & VIEIRA, 2010).

De acordo com Chopra & Meindl (2011), a análise de desempenho de uma rede logística deve ser norteada por dois aspectos. O primeiro seria quais necessidades do cliente são atendidas, não havendo a obrigatoriedade de atingir os mais altos níveis de serviço. O segundo seria os custos para se atender a estas necessidades.

É a partir do estado atual da rede logística de uma empresa que se extrapola para os planos de expansão, mutação, redução, cabendo agora, um novo estudo destes cenários potenciais. Esta extrapolação pode assumir várias formas: reorganização das instalações existentes, construção de instalações novas, terceirização da fabricação de alguns produtos, atribuição de parte ou toda atividade de transporte e armazenagem a um operador logístico (MARTEL & VIEIRA, 2010).

Tradicionalmente os seguintes dados são necessários para a realização da análise do cenário presente (MARTEL & VIEIRA, 2010):

- a) Lista de produtos, suas características e seus roteiros de produção;
- b) Endereço dos fornecedores, clientes, centros de distribuição atuais e unidades fabris;
- c) Processo de demanda e preço de venda por zona de demanda;
- d) Prazos de entrega de suprimentos às fabricas e produtos acabados aos clientes;
- e) Custos de transporte, armazenagem, imobilização de estoque, de produção e de suprimento (por modal, por tipo de capacidade, etc.);
- f) Os custos de instalação e de financiamento;
- g) As tarifas em outros países (em caso de operações internacionais);
- h) Capacidade fornecida e custo das diversas opções tecnológicas;
- i) Capacidade das fontes de suprimento;
- j) Nível de serviço exigido por zona de demanda.

A sessão seguinte deste trabalho dedica-se ao detalhamento dos aspectos de um projeto de rede logística.

3.2 Redes logísticas – Norteadores de decisão de um projeto

A escolha da rede logística a ser projetada deve levar em conta as características das operações e da estratégia da empresa. No caso de uma rede de distribuição do fabricante para o consumidor final, esta pode apresentar configurações como armazenagem no fabricante com remessa direta dos produtos, armazenagem no fabricante remessa direta e consolidação em trânsito, armazenagem em distribuidores com entrega por transportadoras de remessas expressas, armazenagem em distribuidores com entrega direta (*last-mile delivery*), armazenagem no fabricante ou distribuidor com retirada de mercadoria pelo cliente e armazenagem em varejista com retirada pelo cliente. Na tabela 3.2.1 estas diferentes configurações são classificadas de acordo com algumas categorias de desempenho, onde um fator 1 corresponde ao melhor desempenho, oposto ao fator 6 (Chopra & Meindl, 2011).

TABELA 3.2.1 Comparação de desempenho das redes de distribuição (Chopra & Meindl, 2011)

	Armazenagem no varejista com retirada pelo cliente	Armazenagem no fabricante com remessa direta	Armazenagem no fabricante com consolidação em trânsito	Armazenagem no distribuidor com entrega por transportadora	Armazenagem no distribuidor com entrega direta	Armazenagem no fabricante com retirada pelo cliente
Tempo de resposta	1	4	4	3	2	4
Variedade de produtos	4	1	1	2	3	1
Disponibilidade de produtos	4	1	1	2	3	1
Experiência do cliente	Varia de 1 a 5	4	3	2	1	5
Tempo de lançamento ao mercado	4	1	1	2	3	1
Visibilidade do pedido	1	5	4	3	2	6
Facilidade de devolução	1	5	5	4	3	2
Estoque	4	1	1	2	3	1
Transporte	1	4	3	2	5	1
Instalações e manuseio	6	1	2	3	4	5
Informação	1	4	4	3	2	5

Assim, a escolha da rede deve ser norteadada pela necessidade de cada operação como: tempo de resposta, variedade/disponibilidade dos produtos, conveniência, visibilidade do pedido, facilidade de logística reversa, custos de estoque, transporte e informação.

Esta escolha é dividida em etapas como a definição do papel de cada nó da cadeia, a localização das mesmas e a alocação de capacidade, além da definição de quais mercados cada nó irá atender e quais fontes de suprimentos alimentarão cada nó.

Existem fatores que influenciam em diferentes níveis no projeto de uma rede logística. Estes podem ser subdivididos em fatores estratégicos, tecnológicos, macroeconômicos, políticos, de infraestrutura e competitivos. A seguir, serão detalhados os aspectos relevantes de cada um dos fatores.

Fatores Estratégicos

A estratégia de uma empresa tem influência determinante na decisão de um projeto de rede logística. No caso de empresas cuja estratégia seja a redução de custos, a escolha da localização dos nós da rede será norteadada pelo menor custo de

instalação, o que pode gerar distanciamento do mercado consumidor, se desdobrando em outros efeitos não desejáveis.

Por outro lado, se a estratégia for a alta responsividade à demanda, altos custos podem se justificar pela proximidade ao mercado consumidor. Soluções onde uma empresa adota comportamento misto podem ser muito benéficas, a medida que a variância de custos se traduz em preços diferenciados para nichos de mercado distintos. Chopra & Meindl (2011) classifica os possíveis papéis estratégicos de cada instalação em uma rede global de cadeia de suprimentos de acordo com o Quadro 3.2.2 abaixo:

Quadro 3.2.2 Papéis de uma instalação logística (adaptado de Chopra & Meindl (2011))

Instalação	Papel	Observação
Exportadora	Baixo custo e produção para exportação	Países asiáticos em desenvolvimento são locais propícios, pois dispensam tarifas de importação se toda produção for exportada.
Supridora	Baixo custo para produção global	Necessita de baixo custo de instalação, em local com infraestrutura desenvolvida e mão de obra capacitada.
Servidora	Para produção regional	Decisão norteada por incentivos fiscais, da demanda local, de barreiras alfandegárias ou de altos custos logísticos de abastecimento a partir de outros locais.
Colaboradora	Para produção regional com especialidade em desenvolvimento	Também é responsável pela customização de produtos, melhoria de processos, modificações ou desenvolvimento de produtos.
De ponta	Para produção regional para absorver competências locais.	Foco no acesso ao conhecimento ou habilidades específicas de uma região, atuando em paralelo como instalação servidora.
Diretora	Lidera o desenvolvimento de produtos, processos e tecnologias	Necessidade de localização onde haja oferta de mão de obra habilitada e recursos tecnológicos

Fatores Tecnológicos

A flexibilidade da tecnologia de produção afeta o grau de consolidação da rede, pois especificidade de produtos e inflexibilidade de customização da tecnologia acarretam na necessidade de uma maior quantidade de pontos nodais na rede, de modo a atender mercados locais e/ou nacionais apenas.

Fatores Macroeconômicos

Fatores macroeconômicos incluem impostos, tarifas, taxas de câmbio e outros. Dentre estes, serão destacados as tarifas e incentivos fiscais e, a taxa de câmbio.

Tarifas e incentivos fiscais

Tarifas referem-se a quaisquer obrigações que devem ser pagas quando produtos e/ou equipamentos cruzam fronteiras nacionais, estaduais e municipais. Altas tarifas demandam mais locais de produção com capacidade alocada menor.

A criação das zonas de livre comércio entre grupos de países teve papel determinante para a redução de custos com o pagamento de tarifas, permitindo que o abastecimento de mercados locais seja realizado a partir de fábricas localizadas em outros países.

Incentivos fiscais são uma redução em tarifas ou impostos que o governo de países, estados e cidades oferecem para encorajar as empresas a localizar suas instalações em áreas específicas. Estes incentivos podem variar de estado a estado, cidade a cidade e de produto a produto, de acordo com os interesses governamentais.

No último mês de julho, o Supremo Tribunal Federal (STF) tomou a decisão de suspender os benefícios fiscais concedidos por seis estados brasileiros, listando Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo e Distrito Federal. Tal medida visa acelerar o fim da guerra fiscal travada entre os estados brasileiros em busca de investimentos em suas regiões. Como grande parte da

receita estadual é proveniente dos impostos pagos pelas grandes empresas, os governos estaduais envolvidos exigem medidas de compensação das perdas, como a criação de um fundo de desenvolvimento regional (AGÊNCIA BRASIL, 2011).

A medida tomada pelo STF vai ao encontro das decisões do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), cujo objetivo é nivelar a alíquota do ICMS interestadual em 4% a partir de janeiro de 2012, como forma de incentivo ao comércio entre regiões e conseqüente, desenvolvimento de áreas subexploradas até o momento. Segundo Nelson Barbosa, Ministro da Fazenda em exercício em julho de 2011, a implantação será gradual e os casos de redução de arrecadação serão tratados individualmente (EXAME, 2011)

Taxas de câmbio

A variação na taxa de câmbio tem reflexo direto sobre os lucros de uma cadeia de suprimentos com atuação global, mas pode ser minimizada com a construção de algum excesso de capacidade na rede, de modo a tornar a permitir a alteração do fluxo de produção para ser usada no suprimento de diferentes mercados.

Fatores políticos

A estabilidade política de um país é favorável à instalação de um nó da rede, pois as regras de comércio e de propriedade são melhores definidas.

Fatores de infraestrutura

A disponibilidade de boa infraestrutura é um importante pré-requisito para a localização de uma instalação. Os principais elementos a serem considerados incluem a disponibilidade de locais e mão de obra, proximidade à modais de transporte e rodovias de acesso e serviços públicos.

Fatores competitivos

As estratégias adotadas por empresas concorrentes devem ser observadas, principalmente no que diz respeito às fontes de matéria-prima, disponibilidade de mão de obra, localização dos nós, custos de logística e instalação.

Os custos totais de logística sumarizam a tomada de decisão quanto ao estoque, transporte e instalações. O número de instalações deve ser tal que minimize o custo total, podendo ser maior que este número ótimo caso a proximidade ao cliente traga uma receita que supere os custos desta pulverização, através da rapidez de resposta à demanda.

3.3 Redes logísticas – Estratégias de tomada decisão

Chopra & Meindl (2011) ressaltam que a estratégia de globalização traz às empresas a oportunidade de aumentar receitas e concomitantemente, reduzir custos. Contudo, deve-se ter em mente que a globalização traz riscos significativos onde os mais críticos são o desempenho incerto dos parceiros na cadeia de suprimento, volatilidade do preço dos combustíveis, ocorrência de desastres naturais e a complexidade da logística.

Assim, como auxílio à tomada de decisão em projetos de redes logísticas, deve-se realizar o planejamento estratégico juntamente com o planejamento financeiro, uma vez que aquele faz uso de poucos elementos quantitativos e este, projeta para um horizonte previsível ou bem definido. Desta forma, há a possibilidade de utilizar opções estratégicas como, esperar, criar capacidade em excesso, criar capacidade flexível, assinar contratos de longo prazo, realizar compras à vista ou parceladas.

A maioria dos aspectos da problemática das redes logísticas nacionais se aplica às redes globais. Contudo, fatores complementares, já apresentados neste trabalho, devem ser levados em conta: oportunidades e incentivos de alguns países, gerados por questões políticas; oferta de recursos e mão de obra a preços competitivos; acesso às fontes de energia utilizadas nos processos; bem como equipamentos ou recursos tecnológicos específicos. Ainda, é necessário ter a garantia que as vantagens obtidas com a globalização da cadeia compensam os custos complementares como, frete internacional, despesas alfandegárias, seguros internacionais e flutuação na taxa de câmbio.

Tradicionalmente, esta dispersão se dá como parte da estratégia para escoar uma parte da produção para o exterior ou para diminuir custos de produção, fazendo-se valer de fatores pouco onerosos em outros países (MARTEL & VIEIRA, 2010).

3.4 Redes logísticas – Fases de projeto

A partir do objetivo de maximizar lucros e atingir níveis de serviço que satisfaçam a necessidade do cliente em termos de demanda e responsividade, uma rede logística deve ser projetada tomando-se por base os fatores discutidos anteriormente e seguindo-se as fases de desenvolvimento, como propostas por Chopra & Meindl (2011), explicadas a seguir.

a) Definição da estratégia da cadeia de suprimentos

Nesta etapa é definido o projeto geral da cadeia de suprimentos, com a determinação de cada estágio da cadeia e da terceirização ou não dos serviços que a compõem. Mais detalhadamente os passos de decisão são:

- a) Definição da estratégia competitiva.
- b) Capacidade necessária para dar suporte à estratégia competitiva.
- c) Previsão da competição global e local.
- d) Identificação de restrições do capital disponível.
- e) Definição da estratégia de estrutura física.

b) Definição da configuração da instalação no âmbito regional

Nesta fase definem-se as regiões onde as instalações serão localizadas, suas funções potenciais e capacidade aproximada, adotando-se uma visão mais focada que na etapa anterior. Mais detalhadamente, os passos de decisão são:

- a) Previsão de demanda por país.

- b) Observação da homogeneidade ou não no perfil de demanda dos países (determinará a consolidação ou não das instalações).
- c) Determinação se a produção apresenta economia de escala ou escopo de modo a reduzir custos, caso opte-se pela centralização em poucas unidades fornecedoras de vários mercados.
- d) Identificar riscos de demanda, de variação de taxa cambial e políticos de cada região escolhida.
- e) Identificar tarifas regionais, incentivos fiscais, restrições de importação e/ou exportação.
- f) Identificar o tempo de resposta desejado para cada mercado e os custos logísticos atrelados a isso.

c) Seleção de locais potenciais para as instalações

Na fase 3, estreita-se ainda mais o campo de ação. A missão desta fase é definir os locais potenciais em cada região, baseada na análise da infraestrutura disponível, incluindo-se disponibilidade de fornecedores, serviços de transporte, comunicações, serviços públicos, infraestrutura de armazenagem e mão de obra adequada a cada função das instalações.

d) Escolha da localização e determinação da alocação

Nesta última fase, defini-se a localização precisa das instalações e realiza-se a alocação de capacidade de cada nó, baseada nos fatores já discutidos anteriormente.

3.5 Redes logísticas – Modelos para a localização e a alocação

Uma boa solução para os estudos das redes logísticas complexas pode ser obtida por um modelo matemático e o emprego de métodos de resolução aproximativos, onde se avalia o custo e o lucro totais das soluções consideradas para um cenário e para determinada estratégia logística, incluindo a comparação das vantagens de cada cenário. Essa solução pode ser auxiliada por ferramentas

computacionais genéricas, como o Excel ou específicas, como os softwares especializados, onde há informações geográficas e funções otimizadoras, que simplificam a simulação (MARTEL & VIEIRA, 2010).

Para a obtenção dos orçamentos detalhados da potencial rede logística, existem três etapas que devem ser cumpridas (MARTEL & VIEIRA, 2010):

- a) Preparação dos dados do problema, através da coleta de informações detalhadas, da codificação geográfica dos nós da rede, cálculo das distâncias, tempos e custos correspondentes e da identificação das restrições associadas à estratégia logística da empresa estudada;
- b) Geração de soluções factíveis, suas avaliações e identificação das vantagens para diferentes projeções possíveis, culminado na escolha da solução a ser implantada;
- c) Execução do projeto detalhado de engenharia e a preparação do plano de implantação.

Segundo Ballou (2006), métodos matemáticos de localização podem ser caracterizados como exatos, de simulação e heurísticos.

Métodos Exatos

Métodos exatos são modelos de programação matemática e de cálculo, onde a sequência de procedimentos fornece uma solução ótima ou próxima de, para um problema de localização. Seus pontos desfavoráveis são o grande tempo de processamento do computador e a grande memória necessária, além do comprometimento da definição quando aplicado a casos práticos.

a) Método de otimização

Este modelo é primeiramente indicado quando se é considerado a configuração regional e as decisões são norteadas pela demanda regional, tarifas, economia de escala e custos de fator agregado. Um exemplo de aplicação é a localização de fábricas com base em suas capacidades.

Outra aplicação ocorre na fase de definição da localização e da alocação de capacidade para cada instalação, seja uma ou mais fábricas ou centros de distribuição. No momento de alocação, devem-se considerar as restrições de tempo de resposta aos clientes.

b) Método de Centro de Gravidade

Método mais indicado para identificar locais geográficos adequados dentro de uma região, de modo a minimizar os custos de transporte de matérias-primas dos fornecedores às instalações e de produtos acabados das instalações aos mercados consumidores. Assim, este método deve ser aplicado após o uso do modelo de otimização de rede para a configuração regional.

c) Abordagem de Múltiplo Centro de Gravidade

Assim como o método do Centro de Gravidade, esta abordagem apresenta a solução cujo custo de transporte para uma instalação intermediária localizada entre pontos de origem e destino seja mínimo. Para a aplicação desta abordagem quando se necessita localizar várias instalações, torna-se necessário arbitrar localizações para os pontos de origem e destino, de forma a se conseguir conglomerados de pontos, iguais ao número de instalações que se estiver localizando. Assim, uma primeira localização de centro de gravidade para cada conglomerado é obtida. Novas iterações são realizadas, com os centros de gravidade obtidos anteriormente como parte dos dados, até que não haja mudanças de localização para cada conglomerado.

Apesar de resultados ótimos, este método torna-se inviável em termos computacionais para problemas de tamanho real.

d) Programação Linear Inteira Combinada ou Mista

Dentre os métodos desenvolvidos mais recentemente por pesquisadores da área, onde sofisticadas técnicas da ciência da administração são incorporadas, a programação linear inteira combinada mostra-se a metodologia mais aplicada na

solução de modelos de localização complexos. Um dos atributos deste método é a capacidade de lidar com custos fixos de maneira ótima e alocar demandas ao longo da rede logística.

Sua principal desvantagem se dá pela necessidade de exploração pelo executor da programação, de todas as alternativas para que se possa atingir a solução ótima. Ainda, a solução ótima torna-se sensível à menor alteração na configuração do problema, sendo necessária uma nova série de testes de alternativas, o que acarreta muito tempo de computação.

Para a resolução de modelos de localização complexos através da programação linear inteira combinada deve-se repartir o problema macro em tantos subproblemas quanto forem os produtos existentes, de forma a serem eliminadas partes irrelevantes, e aproximando dados relacionados, atingindo-se simplificações do modelo inicial para um menor uso de memória computacional (BALLOU, 2006).

Desta maneira, torna-se possível encontrar o número, tamanho e localização de armazéns de uma determinada rede, com o foco na redução de custos fixos e variáveis lineares de transporte. As limitações para a aplicação deste método são a necessidade de que toda a demanda de um cliente seja suprida por um único armazém e que seja feita por completo; o fornecimento da fábrica e o processamento de cada armazém não podem ser excedidos; um armazém não é considerado em atividade antes que atinja um processamento mínimo.

Geoffrion (1976) e Geoffrion; Powers (1995) defendem para o projeto de redes logísticas no nível estratégico, o uso de métodos exatos, com é o caso da Programação Linear Inteira Combinada. Como justificativa para esta escolha, há a viabilidade técnica, devido à disponibilidade de algoritmos, *hardwares* e *softwares*; a disponibilidade de bancos de dados automatizados; e habilidade de avaliar simultaneamente os complexos intercâmbios logísticos em problemas de grande porte.

Métodos de Simulação

O método de Simulação, ao contrário do anterior, não fornece soluções ótimas. Este método trata-se de uma representação matemática de uma rede logística por representações algébricas e lógicas manipuláveis em computadores. É necessário para sua execução, que seja fornecida uma representação realista da situação econômica e estatística do problema, de forma que o modelo de simulação possa avaliar o impacto de diversas configurações pré-estabelecidas pelo responsável pelo projeto, sendo estas, dependentes da habilidade e intuição deste. O resultado, então, será a melhor solução para os testes propostos, o que pode diferir da solução ótima.

Métodos Heurísticos

De acordo com Ballou (2006), métodos heurísticos são princípios ou conceitos que contribuam para a redução no tempo despendido na resolução de um problema. Aplicando-se este conceito à busca por soluções de localização em redes logísticas, permite-se obter boas soluções com uma maior rapidez, a partir do uso intuição dos gestores do projeto, através da geração de regras básicas para a resolução do problema.

Para a resolução do problema de localização de armazéns através do método heurístico, aplica-se a teoria de compensação de custos, onde custos de produção e compra, de estocagem e manuseio de armazéns, fixos do armazém, de manutenção de estoque, de processamento de pedidos do estoque e dos clientes e de transporte de entrada e saída do armazém, devem refletir as diferenças geográficas e características de cada operação. Estes custos devem ser minimizados de forma global, em paralelo com a manutenção dos níveis de serviço ao cliente.

a) Programação Linear Dirigida

Trata-se da combinação do método heurístico com a programação linear para a resolução de problemas de localização. Este método é mais vantajoso que ambos os métodos usados de forma independente, pois contabiliza restrições de capacidade através da aplicação de programação linear.

3.6 Escolha da ferramenta de análise

Martel & Vieira (2010) ressaltam a relevância dos seguintes fatores no momento da escolha da ferramenta de análise da rede:

- a) As variáveis consideradas pela ferramenta e a envergadura dos problemas solucionados;
- b) As hipóteses da modelagem dos custos e, em particular, a possibilidade de abordar economias de escala;
- c) A capacidade da ferramenta em termos de geocodificação e de geração automática das ligações;
- d) A disponibilidade dos dados necessários;
- e) A capacidade de otimização do programa em relação à precisão desejada pela empresa;
- f) A capacidade de geração e avaliação de cenários;
- g) Boa interatividade da ferramenta com o usuário e a qualidade das interfaces gráficas;
- h) A capacidade da ferramenta de importar os dados disponíveis das bases de dados da empresa ou de bases externas;
- i) A flexibilidade do gerador de relatórios da ferramenta e sua capacidade de exportar os resultados para outros aplicativos;
- j) O preço básico e o custo das personalizações necessárias;
- k) A qualidade do suporte fornecido pela empresa (treinamentos, documentação e assistência-técnica *on-line*).

4. Metodologia

Uma vez definido o objetivo do estudo, que neste caso trata-se da otimização de um problema de rede logística complexa com o uso de uma ferramenta computacional, cujo modelo matemático é a programação linear inteira mista, defini-se as etapas para atingi-lo, obtendo-se assim, a metodologia deste trabalho.

Primeiramente, levanta-se os conceitos envolvidos no projeto de redes logísticas, buscando-se focar nos elementos que influenciam e norteiam a tomada de decisão na análise de um projeto real e os tipos de modelagem que auxiliam esta atividade.

Dentre os modelos de análise apresentados, deve-se escolher o modelo que melhor se adapte à complexidade do problema em estudo. Optou-se, como já ressaltado, pelo modelo exato de programação linear inteira mista, devido a sua habilidade de avaliar simultaneamente os complexos intercâmbios logísticos em problemas de grande porte, com um menor uso de memória computacional, quando comparado com os demais tipos de modelagem.

Este modelo diz respeito à minimização de uma função-objetivo representativa, neste caso, dos custos de armazenagem e de transporte. Além disso, são estabelecidos índices, parâmetros e restrições para seja possível atingir uma solução ótima para as variáveis propostas. Na seção 5 deste trabalho, nomeada Aplicação, são detalhados os elementos mencionados acima para o projeto de rede estudado.

Anterior à estruturação do modelo, os dados referentes à armazenagem e transporte da rede logística estudada devem ser coletados, descaracterizados, de modo a manter velada a identidade da empresa, mas ainda, representativos da realidade. Estes dados foram ser posteriormente simplificados e consolidados para que se pudesse seguir para a aplicação destes na ferramenta computacional comercial.

Após o processamento dos dados pelo *software* e a obtenção dos relatórios gerados automaticamente, segue-se para a análise dos resultados obtidos em cada um dos cenários estudados.

Paralelo a estas últimas três atividades, realiza-se uma análise perceptiva da ferramenta utilizada.

5. Aplicação

5.1 Definição do problema

O problema de rede logística proposto neste trabalho é baseado em dados verídicos de uma indústria multinacional com filial no Brasil, cujos negócios estão divididos em duas macrofamílias de produtos: fragrâncias e aromas. Na impossibilidade de captar e modelar todas as variáveis envolvidas, sem que haja perda de qualidade nos resultados, algumas simplificações fizeram-se necessárias e serão apresentadas posteriormente nesta seção.

A operação dos produtos desta empresa exige que tanto a armazenagem, quanto o transporte das duas unidades de negócios sejam feitas de forma totalmente independente, devido às características diferenciadas de cada operação e o risco de contaminação dos odores.

Além disso, a divisão de aromas possui parte da produção terceirizada, o que acarreta nos serviços de abastecimento de matéria-prima e coleta de produtos acabados nestes parceiros.

É importante ressaltar que o ponto de vista adotado é o da empresa, buscando-se a minimização do custo total como objetivo. Para isso, alguns cenários mostram-se de extrema relevância para a análise do problema.

O primeiro cenário a ser analisado, parte da configuração atual de produção de ambas as divisões em uma unidade produtora e suprimento de parte da produção de aromas por produtores terceirizados. Como não há dados disponíveis quanto ao custo de fabricação na unidade produtora própria ou nas terceirizadas, e fazer suposições de tamanha influência não seria proveitoso para o resultado final, a avaliação será feita levando-se em conta apenas os custos de transporte incorridos das distâncias entre as unidades fornecedoras e os pontos de demanda. Nesta configuração, as matérias-primas e insumos são armazenados em um local terceirizado a 1,1km de distância da fábrica central, enquanto que os produtos acabados são mantidos em outro armazém terceirizado a 12,4 km.

Desdobrando-se a análise desta rede, observam-se outro cenário potencial. O segundo cenário seria então, a centralização da armazenagem da matéria-prima, insumos e produto acabado em um ou mais armazéns.

Assim, o problema estudado envolve os seguintes serviços em cada cenário:

a) Cenário 1

- Armazenagem de insumos e matérias-primas em um centro de distribuição,
- Transporte entre fornecedores e centro de distribuição de matéria-prima,
- Transporte entre fornecedores e fábrica central,
- Transporte entre centro de distribuição de matéria-prima e fábricas central e terceirizada,
- Armazenagem de produtos acabados em um centro de distribuição,
- Transporte entre fábricas central e terceirizada e centro de distribuição de produto acabado,
- Transporte entre centro de distribuição de produto acabado e clientes e,
- Transporte entre fábrica própria e clientes.

b) Cenário 2

- Armazenagem de insumos, matérias-primas e produtos acabados em centro(s) de distribuição,
- Transporte entre fornecedores e centro(s) de distribuição,
- Transporte entre fornecedores e fábrica central,
- Transporte entre centro(s) de distribuição e fábricas central e terceirizada,
- Transporte entre fábricas central e terceirizada e centro(s) de distribuição,
- Transporte entre centro(s) de distribuição e clientes e,
- Transporte entre fábrica própria e clientes.

Assim, o problema a ser resolvido é encontrar o número, dimensão e locais de fábricas e centros de distribuição/armazéns em uma rede logística, minimizando-se o

custo total da operação, através da análise dos dois cenários apresentados acima. Algumas condições são necessárias para manter viável a análise do problema:

1. As fábricas tem a capacidade de atender a demanda total dos produtos.
2. A demanda de cada divisão deve ser integralmente satisfeita.
3. O processamento em cada armazém não pode exceder a capacidade associada ao seu custo fixo anual.
4. As entregas aos clientes finais podem ser feitas diretamente das fábricas ou por intermédio do(s) centro(s) de distribuição, podendo haver uma combinação das fontes de suprimento.
5. Por demandarem transporte exclusivo e dedicado e armazenagem segregada, cada divisão de produtos (aromas e fragrâncias) serão tratadas de forma independente.
6. Os clientes tem localização fixa e predeterminada.
7. Não são considerados estoques para mercados consumidores.

5.2 Descrição física do problema

O problema de rede logística apresentado envolve as seguintes características físicas:

1. Linha de aromas produzida na fábrica central em São Paulo, capital e em 7 fábricas terceirizadas no interior do Estado de São Paulo;
2. Linha de fragrâncias produzida integralmente na fábrica central em São Paulo, capital;
3. Fragrâncias: 78 clientes nacionais; Aromas: 226 clientes nacionais e 62 internacionais;
4. Os fornecedores estrangeiros tem sua localização no ponto de entrada do país, neste caso, o Porto de Santos e o Aeroporto Internacional de Cumbica;

5. Os produtos da linha de aromas destinados à exportação são despachados via Aeroporto Internacional de Cumbica, São Paulo e agrupados como 1 mercado;
6. O modal rodoviário é de uso exclusivo para as entregas nacionais.

5.3 Modelo Matemático

O modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista, desenvolvido para o problema de rede logística proposto, está associado a:

Índices (entre colchetes: número de elementos na dimensão):

f....Fábrica própria e terceirizadas [8]

i....Fornecedores[7]

j....Locais candidatos a CDs[5]

k....Mercados (clientes)[306]

p....Produtos (linhas)[4]

Parâmetros:

M.....Número de possíveis localidades para um armazém

N.....Número total de mercados

DemMkp.....Demanda do produto p no mercado k (ton./ano)

CapCDj.....Capacidade (volume máximo) do CD j (ton./ano)

CapFfp.....Capacidade da fábrica f para o produto p (ton./ano)

CusTransijp....Custo unitário(variável) de transportar o produto p do fornecedor i até o CD j (R\$/ton.)

CusTransifp....Custo unitário(variável) de transportar o produto p do fornecedor i até a fábrica f (R\$/ton.)

CusTransfjp....Custo unitário(variável) de transportar o produto p da fábrica f até o CD j ou vice-versa(R\$/ton.)

CusTransjpk....Custo unitário(variável) de transportar o produto p do CD j até o mercado k (R\$/ton.)

CusTransfkp....Custo unitário(variável) de transportar o produto da fábrica f até o mercado k (R\$/ton.)

CusCDj.....Custo unitário (variável) de manuseio no CD j (R\$/ton.)

FixCDj.....Custo fixo do CD j (R\$)

Variáveis:

Qntijp.....Quantidade de produto p transportada do fornecedor i até o CD j (ton.)

Qntifp....Quantidade de produto p transportada do fornecedor i até a fábrica f (ton.)

Qntfjp....Quantidade de produto p transportada do CD j até a fábrica f ou vice-versa (ton.)

Qntfkp...Quantidade de produto p transportada da fábrica f até o mercado k (ton.)

Qntjpk.... Quantidade de produto p transportada p do CD j até o mercado k (ton.)

Yjk.....Assume valor 1, caso um depósito no local j atender ao mercado k; assume valor 0, caso contrário. (variável binária)

Zj.....Assume valor 1, caso um depósito estiver operando no local candidato j; assume valor 0, caso contrário. (variável binária)

CTrede.. .Custo total de operação da rede (R\$)

5.4 Restrições e equações

Função de mérito: minimizar o custo total da rede, CTrede

Min CTrede= CTresF+ CTresCD+ CTdist+ CTest

Onde :

CTresF = custo total de resuprimento de Fábricas,

CTresCD = custo total de resuprimento dos Centros de Distribuição,

CTdist = custo total de distribuição para os mercados consumidores,

CTest = custo de manutenção dos estoques nos Centros de Distribuição.

E:

$$CTresF = \sum_f \sum_p (\sum_i x_i (Qntifp \times CusTransifp) + \sum_j (Qntfjp \times CusTransfjp))$$

$$CTresCD = \sum_j \sum_p (\sum_i x_i (Qntijp \times CusTransijp) + \sum_f (Qntfjp \times CusTransfjp))$$

$$CTdist = \sum_k \sum_p (\sum_f x_f (Qntfkp \times CusTransfkp) + \sum_j (Y_{jk} \times (Qntjkp \times CusTransjkp)))$$

$$CTest = \sum_j (Z_j \times FixCD_j + Z_j \times (\sum_f \sum_p 2x_f Qntfjp + \sum_i \sum_p Qntijp + \sum_k \sum_p Qntjkp))$$

Restrições:

a) Restrição de atendimento da demanda da linha de produto p no mercado k.

$$DemM_{kp} \leq \sum_f Qnt_{fkp} + \sum_j Qnt_{jkp} \quad \text{qualquer } k, p$$

b) Restrição da capacidade de produção da linha de produto p na fábrica f.

$$\sum_k Qnt_{fkp} + \sum_j Qnt_{fjp} \leq CapF_{fp} \quad \text{qualquer } f, p$$

c) Restrição de capacidade de operação do centro de distribuição j.

$$\sum_f \sum_p Qnt_{fjp} + \sum_i \sum_p Qnt_{ijp} \leq CapCD_j \quad \text{qualquer } j$$

d) Restrição de não negatividade

$$Qntijp \geq 0 \quad Qntfjp \geq 0 \quad Qntifp \geq 0 \quad Qntfkp \geq 0 \quad Qntfcp \geq 0$$

5.5 Processamento do modelo

O modelo de programação linear inteira mista para a rede logística estudada foi implementado no *software* comercial ILOG LogicNet Plus™ XE 7.1 (IBM Corporation), de maio de 2010. O modelo foi processado em um *laptop* Sony® Vaio™ VGN-SR150A com sistema operacional de 32 Bits, Intel® Core™ 2 Duo , com 3GB de memória RAM.

A entrada dos dados foi feita através de planilhas eletrônicas, utilizando o *software* Microsoft® Excel 2007™, e da entrada direta no *software*, permitido pela interface bastante amigável.

Para efeito de ilustração, são apresentadas abaixo, a distribuição geográfica de cada parâmetro utilizado na modelagem da rede logística.

Figura 5.5.1 Localização geográfica dos fornecedores de matérias-primas. Aromas em roxo, fragrâncias em amarelo.



Figura 5.5.2 Localização geográfica das fábricas. Em destaque está a fábrica central em rosa.

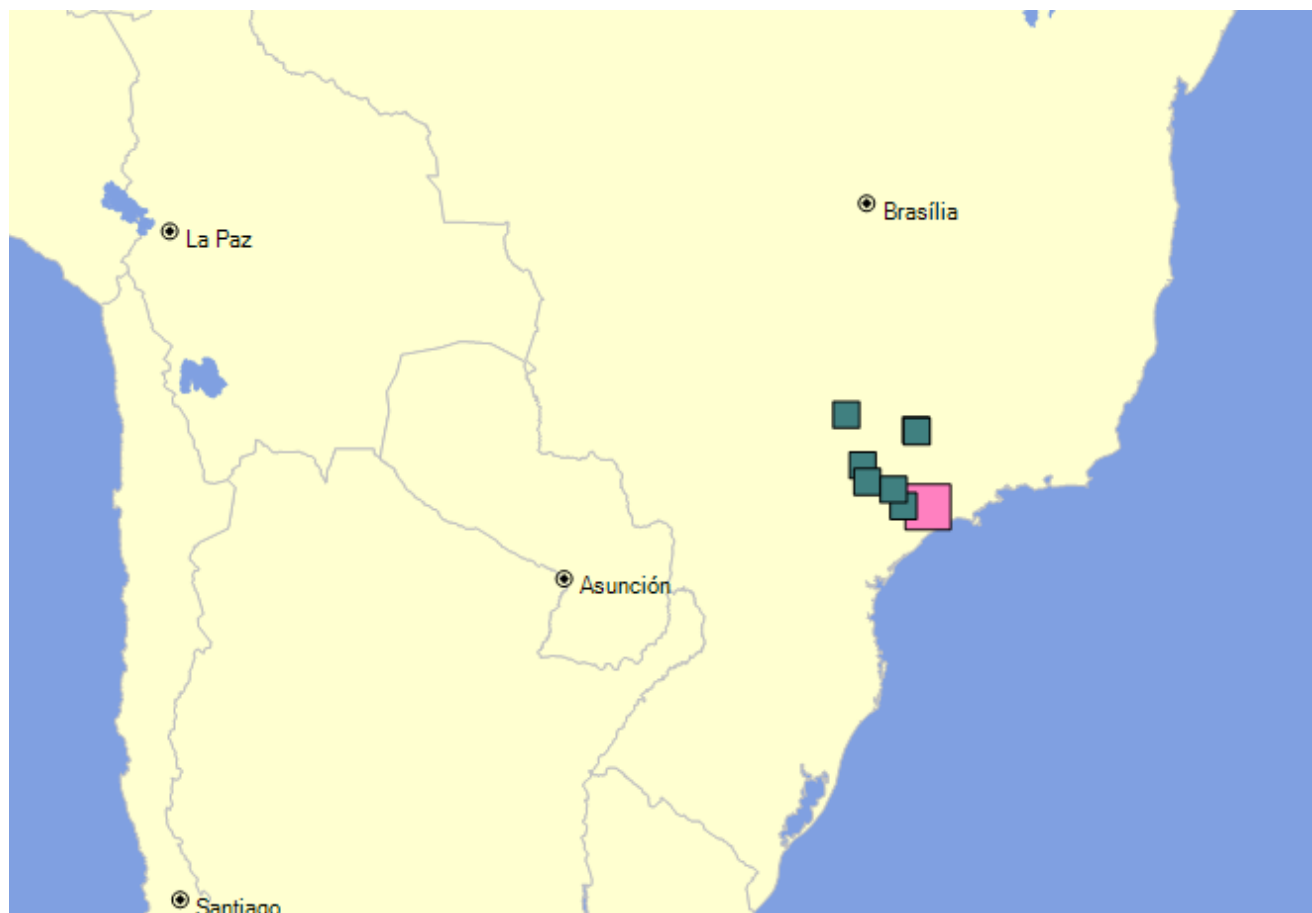


Figura 5.5.3 Localização geográfica do armazém de matéria-prima, em vermelho e do armazém de produtos acabados, em verde, do cenário 1.

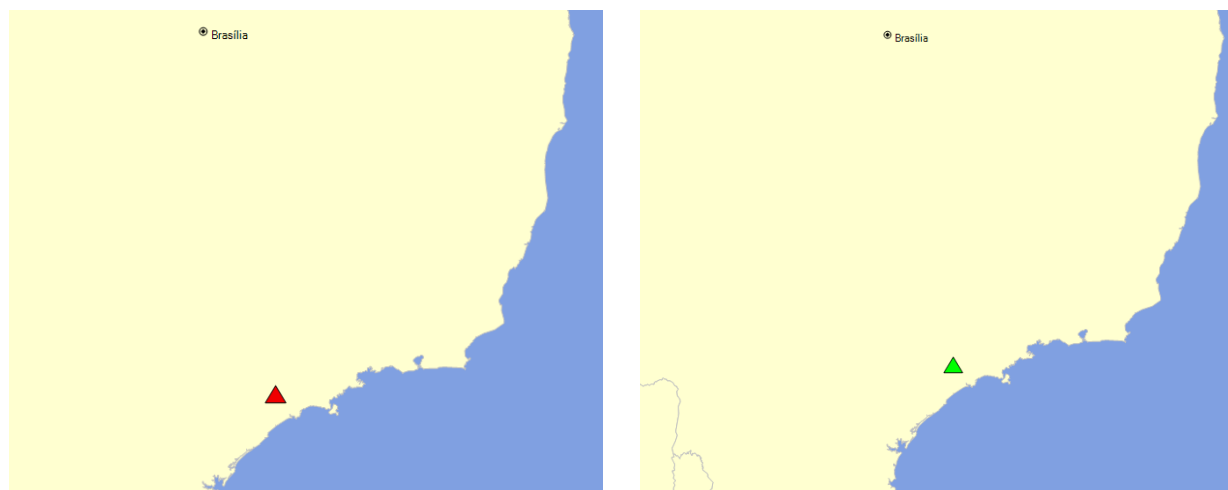


Figura 5.5.4 Localização geográfica dos centros de distribuição potenciais do cenário 2.

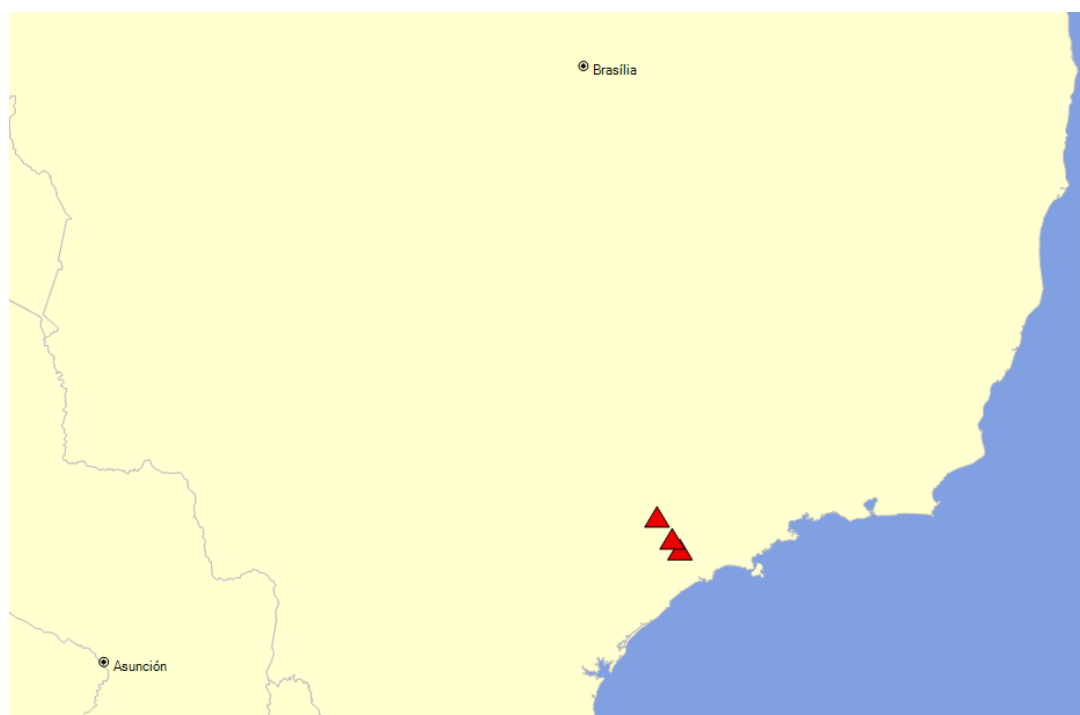


Figura 5.5.5 Localização geográfica da demanda por fragrâncias.



Figura 5.5.6 Localização geográfica da demanda por aromas.



O tempo de processamento do cenário 1 foi de 02:26. Por sua vez, o tempo do cenário 2 foi de 02:42.

6. RESULTADOS OBTIDOS

Dando continuidade à apresentação dos parâmetros utilizados, as Tabelas 6.1 e 6.2 ilustram a capacidade máxima e a utilização dos principais parâmetros do modelo para os cenários 1 e 2, respectivamente, após a otimização do modelo.

Tabela 6.1 Principais Parâmetros do modelo para o cenário 1

Parâmetro	Máximo	Utilização
Nós		
Fornecedores Aromas	3	3
Fornecedores Fragrâncias	4	3
Fábricas	8	8
Armazéns	2	1
Capacidades		
Produção (ton)	16646,06	15030,16
Armazenagem Matéria-prima (ton)	8000	0
Armazenagem Produto Acabado (ton)	12000,00	1946,06
Demanda (ton)	15030,16	15030,16

Tabela 6.2 Principais Parâmetros do modelo para o cenário 2

Parâmetro	Máximo	Utilização
Nós		
Fornecedores Aromas	3	3
Fornecedores Fragrâncias	4	4
Fábricas	8	8
Armazéns	3	1
Capacidades		
Produção (ton)	16646,06	15060,16
Armazenagem CD Campinas (utilizado)(ton)	20000,00	3892,00
Demanda (ton)	15030,16	15030,16

Traduzindo a utilização dos parâmetros para o cenário 1 em termos financeiros temos, conforme Tabela 6.3:

Tabela 6.3 Resultado financeiro da otimização do cenário 1.

Custo fixo de armazenagem	Custo variável de Armazenagem	Custo de Transporte	Custo total
R\$ 942.698,00	R\$ 53.672,00	R\$ 701.789,00	R\$ 1.698.158,64

Os valores apresentados acima são referentes ao cenário inicial, cuja condição de utilização obrigatória dos dois armazéns disponíveis, incorria em um R\$ 989.832,90 de custo fixo por um armazém cuja utilização estava em 0%, de acordo com a solução de otimização apresentada pelo software. Assim, alterando-se o status do armazém de matéria-prima de fixo para potencial, obtém-se os resultados apresentados acima, onde todo o fornecimento de matéria-prima é feito diretamente às unidades produtoras.

Fazendo-se uso da possibilidade de que uma vez disponíveis e utilizados, os dados referentes ao custo de abertura e fechamento de um nó da cadeia, seja uma fábrica ou armazém, o resultado da otimização se mostrasse diferente, inserindo um valor arbitrário no software, observou-se que o custo total aumentou em mais de R\$1.000.000,00 e a decisão de não utilização do armazém em questão, se manteve. Outra análise de sensibilidade realizada foi a redução do custo fixo de operação em 75%. O resultado encontrado ainda não propunha o uso do armazém de matérias-primas

Por sua vez, a utilização dos parâmetros para o cenário 2, pode ser traduzida conforme Tabela 6.4 a seguir.

Tabela 6.4 Resultado financeiro da otimização do cenário 2.

Custo fixo de armazenagem	Custo variável de Armazenagem	Custo de Transporte	Custo total
R\$ 1.369.284,00	R\$ 98.588,00	R\$ 719.285,00	R\$ 2.187.157,33

Uma observação que merece destaque é o fato de toda a produção da fábrica central ser distribuída diretamente aos clientes finais. Este aspecto deve ser mais bem

analisado, pois a capacidade física de carga e descarga na frequência necessária para atender a demanda é insuficiente. Percepção esta, obtida visualmente em uma visita técnica à instalação. Assim, para uma análise mais coerente com a realidade, mais dados deveriam ser obtidos.

Ainda, pode-se observar que o software retornou uma solução cujo armazém localizado em Campinas seria o único em funcionamento. Sua localização é explicada pela concentração de demanda e pela proximidade das fábricas terceirizadas no interior do estado de São Paulo.

Comparando-se os custos detalhados dos dois cenários, apresentados na Tabela 6.5, observa-se que apesar de resultar em um custo total inferior, o primeiro cenário apresenta um custo de transporte equivalente ao do segundo cenário, pois tanto as unidades produtoras como o mercado consumidor possuem a mesma localização em ambos os cenários.

Tabela 6.5 Comparação dos resultados financeiros dos dois cenários otimizados

Descrição	Cenário 2	Cenário 1
CUSTO TOTAL	R\$ 2,187,157.33	R\$ 1,698,158.64
Taxas Pagas	R\$ -	R\$ -
Receita	R\$ -	R\$ -
Lucro	-R\$ 2,187,157.33	-R\$ 1,698,158.64

Custo de Produção	R\$ -	R\$ -
Custo de transporte Planta a Planta	R\$ 164,837.00	R\$ 238,923.00
Custo de transporte Planta a Armazém	R\$ 120,892.00	R\$ 61,123.00
Custo de transporte Planta a Cliente	R\$ 334,757.00	R\$ 349,778.00
Custo de transporte Armazém a Planta	R\$ 59,770.00	R\$ -
Custo de transporte Armazém a Armazém	R\$ -	R\$ -
Custo de transporte Armazém a Cliente	R\$ 39,029.00	R\$ 51,965.00
Custo variável de recebimento	R\$ 42,035.00	R\$ 23,411.00
Custo variável de expedição	R\$ 56,553.00	R\$ 30,261.00
Custos fixos de armazenagem	R\$ 1,369,284.00	R\$ 942,698.00

Um ponto de destaque diz respeito às limitações do modelo montado. Pela escassez de informações, não se tem definido quais produtos e quantidades devem ser obtidas de quais fornecedores. Esta liberdade de suprimento acarreta na escolha dos fornecedores mais próximos às unidades produtoras, sem haver a preocupação do portfólio de produtos ofertados por eles.

7. CONCLUSÕES

7.1 Sobre os resultados obtidos

Após a análise dos resultados gerados pelo *software* ILOG LogicNet Plus™ XE 7.1, observa-se que o cenário atual, guardados as devidas limitações e refinamento necessário dos dados, é o mais adequado para a configuração de operações que a empresa analisada apresenta.

Alguns fatores não contemplados nesta modelagem poderiam refinar os resultados, tornando-os mais realistas, como é caso de:

1. Portfólio de suprimento das unidades produtoras;
2. Aplicação das tarifas e incentivos fiscais;
3. Capacidade física real da unidade produtora, no que tange recebimento e expedição de mercadorias;
4. Custos de abertura e fechamento de instalações;
5. Custos de produção;
6. Níveis de serviços esperados;
7. Tempo de trânsito;
8. Análise sazonal da demanda;
9. Preço médio de venda dos produtos, para o cálculo do lucro.

Os pontos levantados acima são considerados oportunidades de desenvolvimento de mais trabalhos sobre o tema de localização de instalações e alocação de estoque, cuja análise combinada, apesar de tornar a resolução ainda mais complexa, traz benefícios econômicos mais abrangentes.

7.2 Sobre a ferramenta computacional

Como último objetivo, foi proposta para este trabalho a análise qualitativa da ferramenta comercial para a otimização do problema de rede logística proposto. Na seção 3.6 Escolha da ferramenta de análise, mostrou-se os fatores relevantes ao momento de escolha da ferramenta.

Durante a utilização do *software* ficou clara sua capacidade de lidar com problemas bastante complexos como o proposto neste trabalho. Uma grande vantagem do uso da ferramenta computacional é a capacidade de geocodificação e de geração automática das ligações, o que é um grande economizador de tempo. Outro ponto positivo é a interface amigável para com os usuários, através, principalmente da visualização dos dados físicos em um mapa e da capacidade de exportar e importar estes dados de outras ferramentas familiares à maioria dos usuários.

Apesar disso, algumas desvantagens foram identificadas. A primeira delas é a falta de uma seção para a criação mais visual e clara do fluxo da operação em casa cenário, uma vez que isso é construído nesta ferramenta, pela criação de *lanes* entre os pontos nodais e as zonas, o que pode acarretar em erros pela não alteração correta de uma célula da planilha eletrônica de apoio. Outro ponto fraco é a incapacidade de geocodificar alguns CEPs, o que deve, então, ser feito manualmente e com auxílio da internet. Além disso, não se observou uma seção para a tratativa da logística reversa de projetos, sem que seja necessário tratá-la como um fluxo separado da operação regular.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H.. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHOPRA, S., MEINDL, P.. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações**. 4ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

GEOFFRION, A.M.. **Better Distribution Planning with Computer Models**. Harvard Business Review, v.54, no. 1, jan-fev,1976.

GEOFFRION, A. M., POWERS, R.F.. **Twenty Years of Strategic Distribution System Design: An Evolutionary Perspective**. Interfaces, v.25, no. 5 , set-out, 1995.

MARTEL, A., VIEIRA, D. R.. **Análise e Projeto de Redes Logísticas**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MÁXIMO, W.. **Para Confaz, decisão do Supremo sobre guerra fiscal deve acirrar debate sobre reforma tributária**, *Agência Brasil*, [SI] .02 de Junho de 2011. Seção Economia. Disponível em <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-06-02/para-confaz-decisao-do-supremo-sobre-guerra-fiscal-deve-acirrar-debate-sobre-reforma-tributaria>. Acesso em 21 de Novembro de 2011.

NÓRCIO, L.. **Confaz vai unificar ICMS interestadual em 4% em 2012**, *Exame*, [SI], 08 de Julho de 2011. Seção Economia. Disponível em <http://exame.abril.com.br/economia/noticias/confaz-vai-unificar-icms-interestadual-em-4-em-2012>. Acesso em 21 de Novembro de 2011.

UBRIG, H. M.. **Modelagem de Rede Logística como Fonte Potencial de Vantagem Competitiva- Estudo de Caso em uma Empresa Siderúrgica**. 2009. 172p. Dissertação (Bacharelado)- Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade- Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em http://www.ead.fea.usp.br/tcc/trabalhos/Tcc_Heloísa_Marques.pdf . Acesso em 27 de Julho de 2011.

YOSHIZAKI, H. T. Y.. **Projeto de Redes de Distribuição Física Considerando a Influência do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços**. 2002. 172p. Dissertação (Livre Docente)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em <http://www.prd.usp.br/docentes/hugo/ld-yoshizaki.pdf>. Acesso em 04 de Agosto de 2011.

WANKE, P. F., MONTEBELLER JUNIOR, E. J., TARDELLI, R. V.. **Introdução ao Planejamento de Redes Logísticas: Aplicações em AIMMS(Optimization Software for Operations Research Applications)**. São Paulo: Atlas, 2009.