

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

CLAYTON DE PAULA GOMES

**LOCALIZAÇÃO DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO PARA UMA COMPANHIA
DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO APLICANDO O
MÉTODO CENTRO DE GRAVIDADE**

Botucatu-SP
Dezembro – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

CLAYTON DE PAULA GOMES

**LOCALIZAÇÃO DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO PARA UMA COMPANHIA
DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO APLICANDO O
MÉTODO CENTRO DE GRAVIDADE**

Orientador: Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo no Curso de Logística e
Transportes.

Botucatu-SP
Dezembro – 2011

À minha mãe, Lucia de Paula Rocha Gomes, à minha irmã, Helia Aparecida de Paula Gomes
e ao meu Irmão, Cleber de Paula Gomes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini, pela ajuda técnica e apoio.

A todos os professores da faculdade que contribuíram para o meu crescimento profissional e interação social.

E a todos os funcionários da faculdade pelo suporte.

RESUMO

A localização de um centro de distribuição é fator primordial para proporcionar a vantagem competitiva utilizando conceitos da Logística. A fim de estudar a rede logística formada pelos seus clientes e encontrar a sua melhor localização, levando em consideração a importância de cada local de demanda no consumo de estoque, o presente trabalho utilizou o método centro de gravidade para calcular a localização ideal de um centro de distribuição, de materiais de serviços, para uma Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – regional de Botucatu, que atende na distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto, 34 municípios no interior de São Paulo. O método centro de gravidade é um modelo matemático que calcula em um plano cartesiano as coordenadas que indicam a melhor localização, reduzindo os custos de transportes entre os pontos de demanda de estoque. Devido a não autorização da divulgação pública de dados de custos, estoque e informações de transportes, utilizou-se índices percentuais que demonstraram em números a importância de cada município (centro consumidor) no consumo de estoque. Assim foi possível aplicar o método centro de gravidade. Esses índices foram formados pela soma percentual, em relação ao total, do número de ligações de água e esgoto, número total de habitantes e extensão das redes de água e esgoto. É importante ressaltar que o presente trabalho não analisou a localização em função de seus fornecedores, pois o foco foi encontrar a localização em função da importância de cada local de demanda no consumo de estoque. Concluímos, através do método centro de gravidade, que a localização ideal está, aproximadamente, a 60,1 km da atual.

Palavras-chave: Centro de distribuição. Centro de gravidade. Estoque. Localização. Logística.

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Elementos básicos da logística	11
2	Fluxos da logística.	12
3	Centro de distribuição.....	19
4	Redes de distribuição e suprimentos: caracterização simétrica.....	20
5	Fluxograma do setor de logística	32
6	Mapa da rede logística atendida pela companhia, regional de Botucatu	42
7	Mapa da rede logística da companhia com a localização ideal do centro de distribuição.....	45
08	Distância entre o centro de distribuição atual e a sua localização ideal encontrada no presente trabalho	47

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Média recente dos custos da distribuição física, em percentuais de vendas e \$/cwt13
2	Variáveis dos serviços ao cliente classificados por ordem da importância para duas indústrias.15
3	População dos 34 municípios34
4	Economias ativas cadastradas36
5	Extensões das redes de água e esgoto37
6	Percentuais em relação ao total: ligação de água e esgoto, população, extensões das redes de água e esgoto de cada município.....39
7	Coordenadas de longitude e latitude dos municípios.40
08	Cálculo do centro de gravidade43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos.....	9
1.2 Justificativas.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Logística.....	10
2.2 Custos logísticos	13
2.3 Transportes	14
2.4 Centro de distribuição.....	18
2.5 Rede logística	19
2.6 Localização de instalações.....	20
2.7 Centro de gravidade	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 Estudo de caso.....	25
3.1.1 Empresa Analisada.....	25
3.1.2 Departamento da empresa onde foi desenvolvido o estudo.....	30
3.2 Materiais.....	33
3.3 Método	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Dados utilizados como parâmetro para aplicação do método centro de gravidade...34	
4.2 Elaboração do mapa da rede logística	40
4.3 Aplicação do método centro de gravidade	43
4.4 Localização do centro de distribuição	46
5 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Um centro de distribuição tem papel fundamental na qualidade dos serviços prestados e na redução de custos. Ele apresenta vantagens: melhoria nos níveis de serviços, por reduzir o tempo e conseguir um melhor desempenho nas entregas ao cliente/usuário; redução nos gastos com transporte de distribuição; reduz burocracia; custos de armazenagem; reduz custos de inventários; reduz custos de controle; custos de comunicação e aumenta a produtividade. Defini-se centro de distribuição como o local onde se administra/armazena matéria-prima/produtos produzidos, adquiridos para revenda ou utilização em serviços, com a finalidade de disponibilizá-los aos clientes ou locais de produção. As principais tarefas realizadas em um centro de distribuição são: recebimento de materiais; descarga e inspeção; conferência quantitativa, qualitativa e documental; unitização por tipo e/ou lote; registro de inventário; endereçamento de produtos; estocagem; preservação e manutenção; impressão de notas fiscais; separação; embalagem; etiquetagem; conferência; roteirização; carregamento/embarque.

A decisão da localização de um centro de distribuição é complexa e envolve muitos fatores como mão de obra, disponibilidade e produtividade dos recursos, políticas fiscais do governo, encargos com pessoal e qualidade de vida da população. Mas considerando que essas restrições são favoráveis, o presente trabalho utilizou apenas o método centro de gravidade para encontrar a melhor localização de um centro de distribuição, de materiais de serviços, para atender aos 34 municípios, no interior de São Paulo, administrados pela Companhia de Saneamento Básico – regional de Botucatu.

A importância de um centro de distribuição é inquestionável. O presente trabalho pesquisou seus conceitos e a sua melhor localização aplicando o método centro de gravidade,

que se baseia na geometria analítica, identificando em um plano cartesiano o centro de gravidade geográfico entre os locais de demanda de estoque.

1.1 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivo calcular a localização ideal de um centro de distribuição, de materiais de serviços, para uma Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – regional administrada pela Companhia em Botucatu, utilizando o método centro de gravidade. Foram estudados conceitos e localização de centro de distribuição através de conteúdo bibliográfico e estudo de caso na Companhia.

1.2 Justificativas

A redução de custos logísticos é fundamental para se manter em um mercado globalizado e cada vez mais competitivo e a localização de um centro de distribuição tem que estar em local estratégico para que seus clientes sejam atendidos o mais rápido possível. A escolha da localização, realizada de forma equivocada ou sem planejamento, pode acarretar problemas: dificuldade de atendimento aos clientes/usuários e aumento de custos de transporte. Encontrando a localização ideal, ou a mais próxima possível, a redução de custos será consequência. Também haverá melhoria na qualidade dos serviços prestados, já que o centro de distribuição estará mais próximo das regiões de maior demanda.

Com os resultados obtidos neste trabalho a empresa tem um importante estudo sobre localização de centro de distribuição.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Logística

No cenário mercadológico competitivo em que as empresas vivem a logística tem papel fundamental para reduzir custos, diminuir a distância entre fornecedores e clientes e melhorar o nível de serviço.

A logística é singular: nunca pára! Está ocorrendo em todo o mundo, 24 horas por dia, sete dias por semana, durante 52 semanas por ano. Poucas áreas de operações envolvem a complexidade ou abrangem o escopo geográfico característicos da logística. O objetivo da logística é tornar disponíveis produtos e serviços no local onde são necessários, no momento em que são desejados. (BOWERSOX; CLOSS, 2001, p.19).

Para Novaes (2007) a logística tem seu surgimento nas operações de guerra. Equipes eram designadas a planejar e organizar o suprimento de alimentos, remédios, roupas e armas para as tropas. Essas equipes não participavam ativamente das guerras, por isso ficaram por muito tempo sem ser notadas, mas foram fundamentais para que guerras fossem vencidas, afinal, soldado sem munição, sem alimentação e medicamento, não vence guerra. Pode-se dizer que o mesmo acontece nas grandes empresas: O profissional de logística, muitas vezes, não tem o reconhecimento por executar uma atividade que, para muitos, não agrega valor ao produto. As empresas consideram a logística como uma atividade secundária na organização empresarial, desprezando uma atividade essencial para o sucesso econômico da empresa.

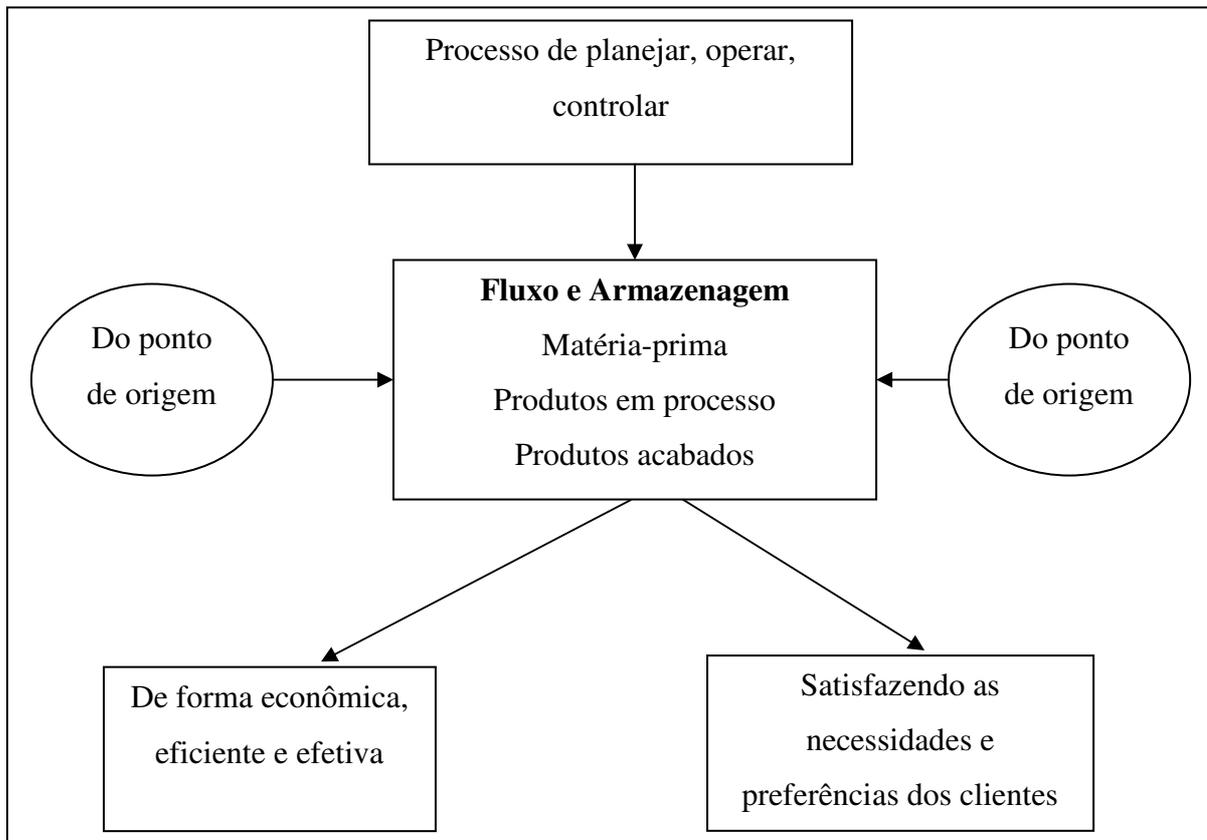
Segundo Ballou (1993) a logística é um assunto de extrema importância. Consumidores, normalmente, não residem próximos dos locais de produção de bens e serviços. A logística tem o dever de encurtar distâncias e atender esses consumidores em tempo e local desejados.

Para Ballou (2001) a logística está envolvida em todos os processos da empresa: planejamento, fluxo e controle econômico de matérias-primas, estoques e informações, ligando toda a cadeia de suprimento com o propósito de melhor atender às necessidades dos clientes ao menor custo possível.

Ainda para Ballou (2004) a logística cria valor – o consumidor não compra um produto de uma empresa que não garanta a entrega em tempo e local escolhidos. Não há razão de existir uma atividade logística que não atenda às necessidades dos clientes. Nesse sentido a logística vem criando valores e se tornando um importante fator para que o consumidor volte a comprar um produto de determinada empresa: ele irá comprar daquela que entregou o produto sem danos aparentes, em tempo e local estipulados em contrato, ou seja – aquela que melhor prestou os serviços logísticos.

Os problemas logísticos são complexos, envolvem grandes operações e estudos que devem ser avaliados constantemente. Na figura – 1 observamos os elementos essenciais da logística.

Figura – 1 Elementos básicos da logística

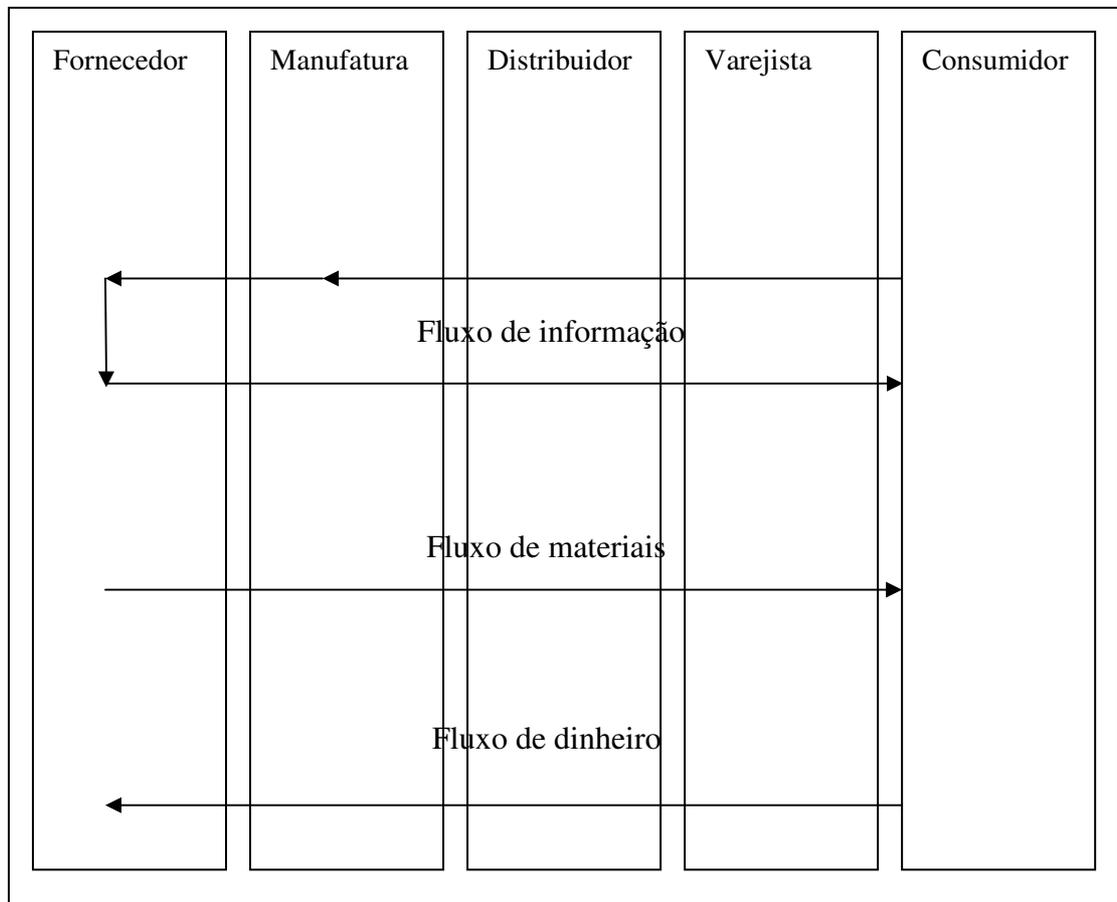


É importante entender os fluxos existentes no processo logístico:

Para Novaes (2007, p.37) os fluxos associados à logística, envolvem também a armazenagem de matéria-prima, dos materiais em processamento e dos produtos acabados, percorrem todo o processo, indo desde os fornecedores, passando pela fabricação, seguindo desta ao varejista, para atingir finalmente o consumidor final, o alvo principal de toda a cadeia de suprimento. Além do fluxo de materiais (insumos e produtos), há também o fluxo de dinheiro, no sentido oposto àquele. Há, ainda, fluxo de informações em todo o processo. Esse fluxo ocorre nos dois sentidos, trazendo informações paralelamente à evolução do fluxo de materiais, mas conduzindo também informação no sentido inverso, começando com o consumidor final do produto (demanda, preferências, mudanças de hábitos e de compras, mudanças no perfil socioeconômico) e indo até os fornecedores de componentes e de matéria-prima.

Visualizam-se melhor os fluxos observando a figura – 2.

Figura – 2 Fluxos da logística



Fonte: Novaes, 2007, p. 37

O foco em qualquer operação logística deve ser o comprimento dos anseios do consumidor, aquele que motiva toda a operação e funcionamento da cadeia de suprimentos: “todos esses elementos do processo logístico devem ser enfocados com um único objetivo

fundamental: satisfazer as necessidades e preferências dos consumidores finais”, conforme Novaes (2007, p.37).

2.2 Custos logísticos

Antes de planejar uma operação de logística, deve-se conhecer o tamanho do impacto dessa operação no custo final do produto/serviço. Empresas de grande porte têm seu custo logístico mais elevado do que empresas de pequeno porte devido à dificuldade de se visualizar a rede como um todo e criar um sistema de informação eficiente entre todos os pontos da rede logística.

Para Ballou (2004, p.33) Ao longo dos anos, realizaram-se inúmeros estudos com o objetivo de determinar os custos da logística para o conjunto da economia e para cada empresa. Daí resultaram estimativas de níveis de custos para todos os gostos e preferências, tamanha a disparidade entre cada uma delas. De acordo com o fundo monetário internacional (FMI), os custos logísticos representam em média 12% do produto interno bruto mundial. Robert delaney, que vem acompanhando os custos logísticos ao longo de mais de duas décadas, calcula que os custos logísticos representem, para a economia dos EUA, 9,9% do produto interno bruto (PIB) ou U\$\$ 921 bilhões. Para as empresas, os custos logísticos variaram de 4% a até mais de 30% das vendas. Os resultados de uma pesquisa de custos de empresas individuais são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Média recente dos custos da distribuição física, em percentuais de vendas e \$/cwt.

Categoria	Porcentagem de vendas	\$/cwt
Transporte	3,34 %	\$26,52
Armazenagem	2,02%	\$18,06
Serviço ao Cliente/processamento do pedido	0,43%	\$4,58
Administração	0,41%	\$2,79
Custo da manutenção do estoque a 18% ao ano	1,72%	\$22,25
Custo total de distribuição	7,65%	\$67,71

Fonte: Davis, Herbert W. e Drumm, Willian H. 2002 citado por Ballou, 2004, p.34.

As estatísticas são para todo tipo de empresa; contudo, representam mais acuradamente as do setor manufatura, predominantes no banco de dados. Cwt é a unidade de massa que corresponde a 100 libras-peso (ou 45,3 kg). Os autores deste levantamento alertam

que os totais não equivalem à soma das estatísticas individuais devido ao número diferente de dados usados em cada categoria.

2.3 Transportes

O foco deste trabalho não foi o transporte, mas ele não pode deixar de citar a sua importância para o bom funcionamento da rede logística. Na escolha de localização de empresas e centros de distribuição/armazéns é fundamental o estudo da capacidade e qualidade dos transportes, pois, lugares com péssimas rodovias e pouca movimentação de caminhões e automóveis encarecem os custos de frete, inviabilizando, muitas vezes, a existência de empresas e/ou armazéns no local.

Um sistema de transporte eficiente é essencial para o desenvolvimento da economia de um país:

Conforme Ballou (2004, p.149) basta comparar a economia de uma nação desenvolvida com a de uma nação em desenvolvimento para constatar a importância dos transportes na criação de um alto nível de atividade econômica. São características da nação em desenvolvimento a ocorrência da produção e do consumo em áreas geograficamente próximas, a concentração de maior parte da força de trabalho na produção agrícola e uma baixa proporção da população total em áreas urbanas. Como advento de serviços de transporte relativamente baratos e de fácil acesso, a estrutura inteira da economia muda, tornando-se parecida com a das nações desenvolvidas.

Segundo Ballou (2004) um sistema de transporte ineficiente limita a área de distribuição de um determinado produto a regiões geograficamente próximas do lugar de produção devido ao custo elevado para se chegar a outras regiões com força para competir com produtos similares locais. Com um sistema de transporte desenvolvido, os custos dos fretes caem e possibilita a concorrência em outras regiões além da área de produção, ou seja, indiretamente o transporte aumenta a concorrência fazendo com que produtos produzidos distantes cheguem a uma determinada cidade com potencial para competir com produtos similares produzidos na localidade.

Avaliando o transporte, nota-se que uma das maiores preocupações das empresas está no atendimento do tempo de entrega:

Para Ballou (2004, p.151) estudos comprovam (tabela – 2) que o tempo médio e a variabilidade do tempo da entrega estão sempre nos primeiros lugares das relações das mais importantes características de desempenho do transporte. O tempo de entrega (viagem/trânsito) é calculado como o tempo médio do percurso de um frete entre origem e destino. Os modais de transporte variam conforme a possibilidade, ou impossibilidade, de proporcionar conexão direta entre os pontos de origem e destino.

O tempo médio e a variabilidade do tempo de entrega dificultam o planejamento de tempo de suprimento de materiais e produtos, fazendo com que empresas, com o medo de não receberem o material no dia determinado, comprem sempre a mais do que o necessário, aumentando os custos com estoque. Percebe-se ao analisar a tabela – 2 que, muitas variáveis de serviços, entre duas empresas de segmentos de mercado distintos, envolvem os problemas de logística e transportes.

Tabela – 2 Variáveis dos serviços ao cliente classificados por ordem da importância para duas indústrias.

Indústria de sistemas e móveis para escritório			Indústria de plásticos				
Média/de svio padrão	Componentes do composto de marketing	Descrição	Média/desvio padrão	Componentes do composto de marketing	Descrição		
6,5	0,8	Logística	Fabricante entrega na data marcada	6,6	0,6	Produto	As resinas do fornecedor têm qualidade permanente
6,3	0,8	Logística	Pedidos atendidos com precisão	6,5	0,8	Promoção	Qualidade da equipe de vendedores – honestidade
6,2	0,9	Produto	Qualidade do conjunto e de projeto compatível com o preço	6,4	0,8	Logística	Precisão no atendimento das encomendas (despachado o produto especificado)
6,1	1,0	Preço	Preço competitivo	6,4	0,9	Preço	Preços competitivos
6,1	1,0	Logística	Notificação em tempo hábil de eventuais atrasos de embarque	6,4	0,9	Produto	Resina processável
6,1	0,9	Promoção	Ação imediata dos representantes da fábrica em pedidos de assistência	6,3	1,0	Produto	As resinas do fornecedor têm cores consistentes

Continua...

Continuação

Indústria de sistemas e móveis para escritório				Indústria de plásticos			
Média/de	svio	Componente	Descrição	Média/des	vio	Componente	Descrição
padrão		s do		padrão		s do	
		composto de				composto de	
		marketing				marketing	
6,0	1,0	Logística	Providências com relação às reclamações quanto ao serviço ao cliente	6,3	0,8	Logística	Prazos de entrega consistente (o vendedor entrega sempre na data prevista)
5,9	1,1	Logística	Consistência no ciclo de pedidos (pequena variabilidade)	6,3	0,9	Produto	As resinas do fornecedor apresentam um fluxo consistente de fusão
5,9	1,0	Logística	Precisão do fabricante na estimativa das datas de embarque	6,3	0,9	Logística	Capacidade de despachar pedidos emergenciais com rapidez e eficiência
5,9	0,9	Produto	Estética e acabamentos gerais	6,2	0,9	Logística	Informação dada no momento da encomenda – previsão da data do despacho
5,9	1,0	Produto	Continuidade: produtos permanentes	6,2	1,0	Logística	Notificação de atraso no despacho em tempo hábil
5,9	1,0	Logística	Aceitação automática de produtos com defeitos	6,1	1,0	preço	Qualidade da resina compatível com o preço
5,8	1,2	Logística	Extensão do prazo de entrega para encomendas rápidas	6,1	1,1	Produto	Qualidade geral da resina compatível com o preço

Continua...

Continuação

Indústria de sistemas e móveis para escritório				Indústria de plásticos			
Média/de svio padrão	Componentes do composto de marketing	Descrição	Média/desvio padrão	Componentes do composto de marketing	Descrição		
5,8	1,1	Logística	Encomendas entregues integralmente	6,1	1,1	Logística	Informação dada no momento da encomenda – previsão da data de entrega
5,8	1,1	Logística	Encomendas rápidas entregues integralmente	6,1	1,0	Logística	Providências quanto a reclamações (sobre tratamento e embarque da encomenda, condições dos produtos etc.)
5,8	1,1	Preço	Política de preços realista, consistente	6,1	1,0	Logística	Extensão dos prazos de entrega previstos (entre a colocação do pedido e a entrega – produtos disponíveis)
				6,1	1,0	Promoção	Qualidade da equipe de vendedores – acompanhamento permanente
				6,0	1,2	Logística	Informação dada na emissão do pedido – disponibilidade em estoque

Fonte: Lambert, Douglas M. e Harrington, Thomas C. 1989, p.50 citado por Ballou, 2004, p.96.

Escala de 1 a 7.

Para Marques (1994) depois de estudada toda a rede logística, é hora de estudar a rota a ser percorrida para o cumprimento dos prazos de entrega e reduzir o custo e o tempo na distribuição física dos produtos/serviços, e o transporte deve ser planejado de forma segura e que satisfaça as exigências do cliente.

2.4 Centro de distribuição

Um centro de distribuição tem seu conceito amplo, além de armazenar e distribuir produtos fracionados deve conhecer e estar atento às necessidades de seus clientes, saber a forma de unitização de carga que não danifique o produto e seja compatível com equipamento de descarga do cliente, saber os horários para entrega, fazer todo o trabalho burocrático de despacho da mercadoria e sempre verificar as condições em que o produto se encontra antes de despachá-lo: material entregue danificado gera dor de cabeça e custos astronômicos por causa da devolução, gerando uma operação que não estava prevista – a de voltar com a mercadoria para trocá-la e refazer a entrega.

É evidente que a centralização de estoques (estudada e planejada) ajuda a reduzir custos e melhorar o controle logístico dos processos de suprimento e distribuição: devido à centralização de compras, frota e redução de espaço físico para armazenagem. E é nesse momento que a empresa percebe a necessidade de possuir um centro de distribuição que atenda a uma região onde seus produtos são distribuídos.

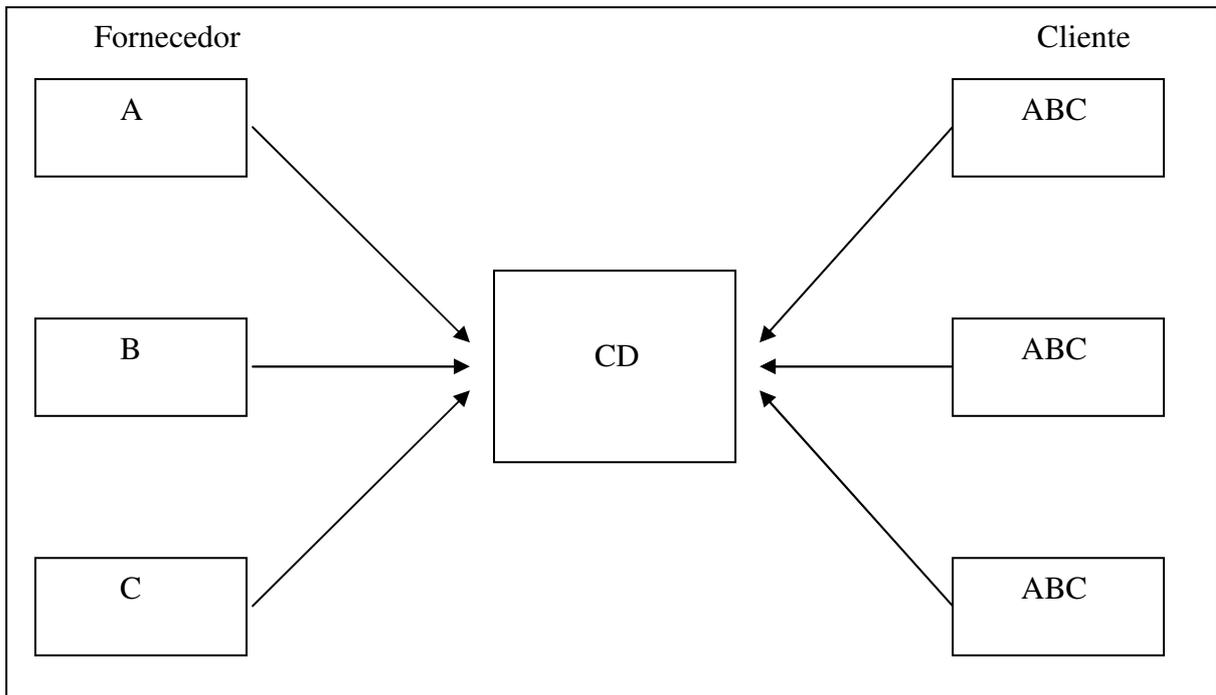
Para Ballou (2004) Não há como prever com exatidão a demanda das empresas, o suprimento não é imediato, o transporte não é 100% confiável, por isso estocar produtos passar a ser necessário. E para que uma empresa levante os custos totais de seu produto final, ela precisa saber exatamente quanto custou cada componente/peça utilizada em seu produto. Nesse ponto manter estoque ajuda a fixar preços por não estar sujeito às variações do mercado.

O centro de distribuição tem que conhecer a mercadoria armazenada/distribuída, elaborar formas de estocagem/Transporte que respeitem às restrições e condições de clima, resistência e periculosidade da mercadoria. Executar a programação de entrega e fazer a gestão de todos os materiais armazenados (BALLOU, 1993).

Sua localização deve ser estratégica para não aumentar os custos de transportes e estocagem de mercadorias. Deve atender uma região pré-definida antes de sua implantação.

O centro de distribuição é uma configuração regional onde são recebidas cargas consolidadas de diversos fornecedores. Essas cargas são fracionadas afim de agrupar os produtos em quantidades e sortimento corretos e, então, encaminhadas para os pontos de venda/Consumo. (RODRIGUES; PIZZOLATO, 2003, p.1).

Figura – 3 Centro de distribuição



Fonte: adaptado de Bowersox e Closs, 2001 citado por Rodrigues e Pizzolato, 2003, p. 2.

2.5 Rede logística

A rede logística tem que ser desenhada respeitando a realidade das distâncias de origem e destino de mercadorias/serviços, para o seu melhor entendimento, antes de qualquer decisão sobre distribuição. Isso ajuda nas decisões sobre localização de armazéns/filiais e possíveis rotas para distribuição física de produtos.

Seu conceito é de fácil entendimento:

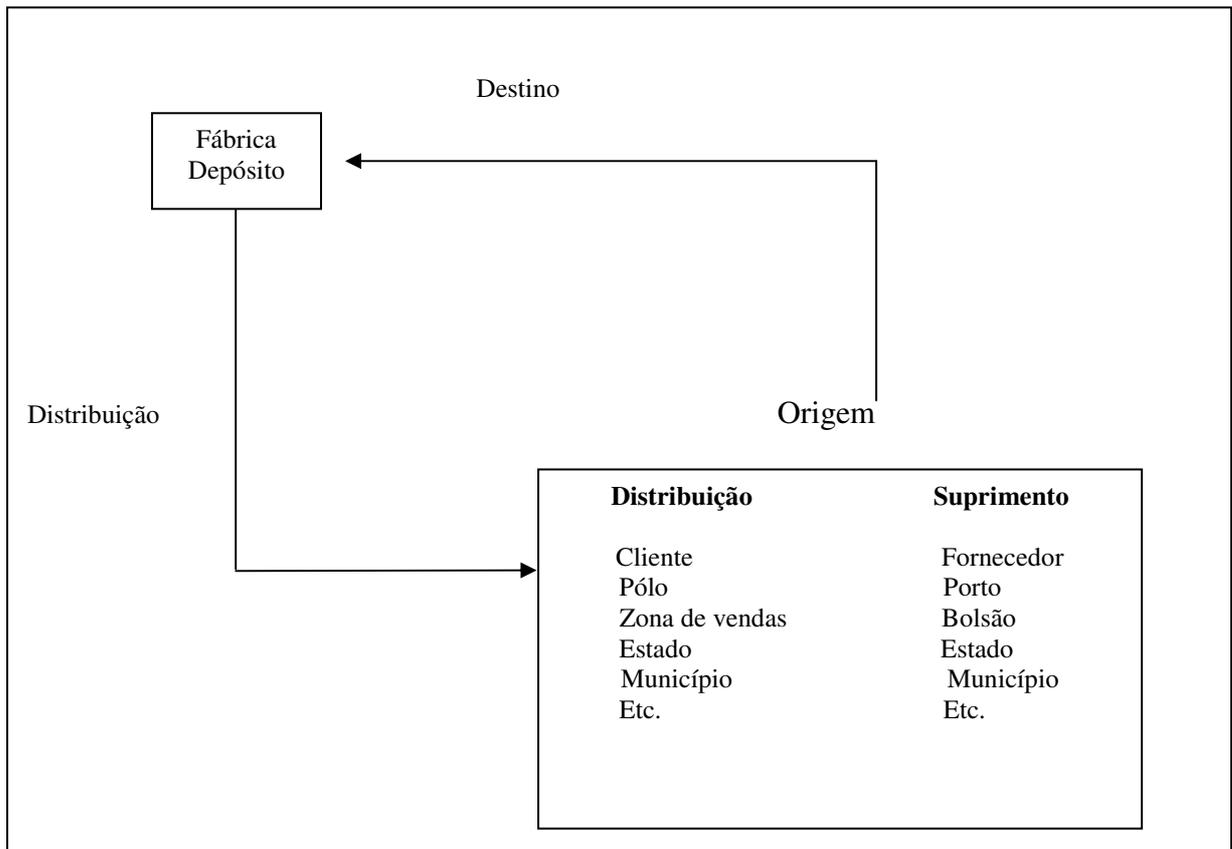
Tanto a logística de suprimentos como a de distribuição física dependem, para sua boa conceituação e implementação, da correta representação e análise da rede. O que vem a ser rede logística? É a representação físico-espacial dos pontos de origem e destino de mercadorias, bem como seus fluxos e demais aspectos relevantes, de forma a possibilitar a visualização do sistema logístico no seu todo. (ALVARENGA; NOVAES, 2000, p.51).

A logística deve atuar na rede de distribuição intermediando as exigências dos setores de marketing e finanças. O setor de marketing visualiza a rede, mas não se preocupa muitas vezes com os custos para atender aos clientes da forma solicitada e contratada. Enquanto que o setor de finanças visualiza a rede através dos custos, não se preocupando muitas vezes com a qualidade do atendimento ao cliente. A logística tem o papel de visualizar e entender a rede de forma a satisfazer esses dois setores: atendo aos clientes da melhor forma possível ao menor custo de distribuição. (NOVAIS; ALVARENGA, 2000).

Para Ballou (1993) devido ao grande impacto nos custos logísticos a configuração da rede de distribuição deve estar entre as primeiras decisões do planejamento logístico. De forma alguma pode ser desprezado, nas decisões sobre distribuição, o estudo detalhado da rede de facilidades. Além da redução de custos a melhora na qualidade dos serviços é notável quando se conhece de forma detalhada a rede logística.

Na figura 4 – observa-se como seria uma rede de distribuição e suprimentos.

Figura – 4 Redes de distribuição e suprimentos: caracterização simétrica.



Fonte: Alvarenga e Novaes, 2000, p. 54.

2.6 Localização de instalações

A localização de uma empresa ou centro de distribuição é uma decisão de extrema importância para o sucesso econômico e logístico. Nenhum fator positivo ou negativo pode ser negligenciado na sua escolha. Para cada tipo de empresa, dependendo do seguimento de mercado, poderá haver uma prioridade: estar próximo dos consumidores; existência de mão-de-obra qualificada; proximidade dos fornecedores e matéria prima (MOREIRA, 2002).

Para Xavier (2008) por envolver um alto custo a localização de instalações faz com que esse seja um investimento em longo prazo. O que impõe aos tomadores de decisão a escolha de locais que continuem lucrativos e operacionais por muito tempo, independente das mudanças econômicas, populacionais ou ambientais.

Pode até parecer que problemas de localização aplicam-se apenas a novos empreendimentos, mas empresas com anos de operação se vêem obrigadas a repensar sua localização devido à falta de energia, insumos, água e área para expansão. Quando a empresa se depara com a necessidade de mudança de local de operação, ela percebe a dificuldade de se encontrar locais apropriados e de escolher o que mais deve pesar na escolha da localização. Obras de infra-estrutura têm impacto significativo nos custos e receitas e devem ser planejadas para anos de exercício. (MOREIRA, 2002).

Para Moreira (2002) as opções de localização são muitas, por este motivo a empresa deve fazer uma pré-seleção de locais potencialmente aceitáveis, identificando nesses locais o atendimento das suas necessidades como energia, insumos, mão-de-obra, tecnologia, demanda por seus produtos e serviços, rodovias para escoamento da produção e área para futura expansão da fábrica. Caso não existam essas opções não haverá o problema de localização.

Ainda Moreira (2002) muitos fatores pesam na escolha da localização, nem todos tem a mesma importância, já que, este é um problema específico para cada empresa. O que podemos notar e identificar é que indústrias geralmente são atraídas para locais onde estão os recursos: energia, água, matéria-prima e mão-de-obra, já companhias prestadoras de serviços preferem estar próximas de seus clientes e tráfego com facilidade de acesso.

Segundo Bowersox e Closs (2001) profissionais de logística devem ser encarregados da definição da localização de empresa e centro de distribuição, pois, reduções de custos de transportes, distribuição, escala de produção devem ser criteriosamente avaliados na escolha do local.

Ainda para Bowersox e Closs (2001) as decisões de localização envolvem a quantidade de centros de distribuição. As questões administrativas abrangem (1) a quantidade de centros de distribuição que a empresa deve ter e localizações, (2) os clientes e as áreas que serão atendidos a partir de cada centro, (3) o que deve ser fabricado ou estocado em cada fábrica ou em cada centro de distribuição, (4) os canais logísticos que devem ser usados no suprimento e atendimento aos mercados internacionais, e (5) a composição adequada entre a integração vertical e a terceirização dos serviços de distribuição física.

Dentre muitos locais possíveis a companhia deve escolher a localização de fácil acesso para os clientes, um local que forneça um alto nível de serviços, minimize os custos de

transporte e instalações. Sempre analisando e planejando em longo prazo. Decisões de localização não podem ser tomadas precipitadamente, sem antes analisar as vantagens e desvantagens e o impacto financeiro de tal decisão. (BALLOU, 2001).

A empresa deve analisar, antes de implementar um CD, qual o seu Objetivo: distribuição de produtos acabados, matéria-prima ou materiais de serviços. Para cada caso, pode haver uma solução diferente para encontrar sua localização. A localização dos centros de distribuição deve ser determinada em função de sua finalidade para a obtenção do sucesso nas operações logísticas (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

2.7 Centro de gravidade

O método centro de gravidade é um método matemático utilizado para escolha da localização de empresas e centros de distribuição em uma rede logística.

Segundo Moreira (2002) o modelo centro de gravidade tem a função de encontrar a localização ideal de uma empresa/centro de distribuição em uma rede já existente. Essa rede logística pode ser formada por mercados consumidores e fornecedores ou pelo dois mercados. É um método de fácil aplicação e serve como parâmetro na escolha do local da futura instalação.

O método procura encontrar a localização tal que minimize os custos de transportes:

Define-se o centro de gravidade como: “dada uma configuração de instalações e mercados, através da qual circulam certos volumes de mercadoria ou intensidade de serviços, o centro de gravidade é a localização tal que é mínima a distância total ponderada entre a localização procurada e as outras instalações e mercados”. Repare-se que a distância não é simplesmente considerada em termos de milhas ou quilômetros a percorrer; cada distância, entre a localização procurada e um ponto de contacto qualquer, deve ser ponderada pelo volume de carga entre a instalação e o ponto de contacto. Para exemplificar, suponhamos que se queira encontrar a melhor localização para um armazém de distribuição que recebe mercadorias de uma fábrica e serve a certos mercados consumidores. O armazém deverá estar num ponto tal que seja mínima a distância (ponderada pelas cargas) entre ele, a fábrica e os mercados clientes. (MOREIRA, 2002, p. 184).

Ainda para Moreira (2002) o método pode ser utilizado até para localizar empresas de serviços, desde que seja utilizada a ponderação correta dos pesos para cálculo do centro de gravidade, até mesmo o número da população de cada local de demanda pode ser utilizado como peso, base para encontrar a localização ótima.

O método centro de gravidade é ideal para a localização de um único centro de distribuição ou fábrica. Dependendo da complexidade do problema e do custo, outras técnicas

podem ser necessárias. Vários métodos matemáticos ou não podem ser utilizados para a localização de uma única instalação. (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

A localização de um único centro de distribuição, influenciada por um grande número de pontos de consumo, pode ser solucionada com erro mínimo pelo método centro de gravidade. Para problemas com cinquenta pontos e fretes lineares, o erro é de apenas 0,2% sobre a localização ótima (BALLOU, 1993).

Para Moreira (2002) a aplicação do modelo se dá através dos seguintes passos:

a) para cada instalação ou mercado existente, assinalar uma coordenada horizontal e outra vertical. Isso pode ser feito construindo-se um sistema de eixos ortogonais sobre um mapa da região global contendo as instalações e os mercados. No caso de uma cidade e/ou redondezas, assumir o ponto médio como representativo. As coordenadas podem então ser medidas com uma régua e transformadas da forma como se queira desde que sejam todas elas multiplicadas por um mesmo sistema de número. Na verdade, são apenas coordenadas relativas, definidas em relação ao sistema de eixos previamente traçados. Uma vez encontrada a localização, recorre-se novamente ao sistema de eixos para encontrar a posição real.

b) o centro de gravidade da localização procurada terá duas coordenadas (horizontal Gx e vertical Gy) assim determinadas:

$$G_x = \frac{\sum d_{ix} * p_i * c_i}{\sum p_i * c_i} \quad \text{equação...}(1)$$

$$G_y = \frac{\sum d_{iy} * p_i * c_i}{\sum p_i * c_i} \quad \text{equação...}(2)$$

Onde:

d_{ix} = coordenada horizontal da instalação ou mercado i

d_{iy} = coordenada vertical da instalação ou mercado i

p_i = custo de transporte na direção da instalação ou do mercado i

c_i = volume transportado de/para a instalação ou mercado i

Se os custos de transportes forem iguais em todas as direções, podem prescindir do termo p_i e transformam-se em:

$$G_x = \frac{\sum d_{ix} * c_i}{\sum c_i} \quad \text{equação...}(3)$$

$$Gy = \frac{\sum diy * ci}{\sum ci} \quad \text{equação...}(4)$$

O estudo realizado por este trabalho caracteriza-se por uma pesquisa quantitativa:

Segundo Reis (2010) a pesquisa quantitativa utiliza a quantificação na coleta, o tratamento dos dados e das informações é realizado por métodos estatísticos. Isso garante o resultado da pesquisa por não depender da análise interpretativa. E por estar em números, facilita o entendimento das informações coletadas por meio de gráficos e análises matemáticas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma companhia de saneamento básico do estado de São Paulo, Regional administrada pela Companhia em Botucatu, no departamento de logística e gestão de materiais. Sua finalidade foi determinar a importância (no consumo de estoque) de cada município atendido pela empresa em Botucatu e encontrar a melhor localização de um centro de distribuição de materiais de serviços para a companhia.

Para isso, foram coletados dados de número de ligações de água, esgoto e extensão das redes de água e esgoto de cada município.

Com esse levantamento foi possível determinar um peso % de cada município no consumo do estoque de materiais de serviços.

Todas as informações deste estudo de caso foram levantadas no período de 15 meses.

3.1.1 Empresa Analisada

A empresa é brasileira de economia mista e de capital aberto, tem como principal acionista o governo do estado de São Paulo – sendo ligada à Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento.

Foi criada em 1973 pela lei estadual nº. 119 seguindo diretrizes do Planasa – Plano nacional de saneamento, a partir da fusão de diversas empresas e autarquias. Ela atua sob o sistema de concessão dos municípios e é responsável por planejar, construir e operar sistemas de produção e distribuição de água e sistemas de coleta e tratamento de esgoto para a cidade

de São Paulo e para mais da metade dos municípios do estado – 368, de um total de 645. Ainda fornece água tratada para sete municípios da região metropolitana de São Paulo, que se responsabilizam pela distribuição.

A companhia tem suas ações negociadas na bolsa de valores de Nova Iorque (NYSE), o que significa a adoção de práticas de transparência e divulgação de informações atualizadas, atendendo aos requisitos da lei sarbanes-oxley. Além disso, foi a primeira empresa de economia mista do Brasil a ter suas ações negociadas no novo mercado da Bovespa, nível mais elevado de governança corporativa, no qual as companhias se comprometem com práticas que garantem o respeito aos direitos dos acionistas minoritários. Em 1995, adotou seu atual modelo de gestão, seguindo o conceito de regionalização por bacias hidrográficas. A administração foi descentralizada com a criação de diretorias e 16 unidades de negócio – unidades com autonomia operacional. As unidades funcionam como empresas: possuem cnpj próprios, administram seus recursos de investimento e despesa e são geridas como núcleos independentes de resultados econômicos e sociais.

A diretoria na qual foi realizado o estudo de caso é a Unidade de negócio (Botucatu), que iniciou suas atividades em 1991 e é uma unidade autônoma responsável pelo planejamento, operação e manutenção dos sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos sanitários e pela comercialização dos serviços de 34 municípios estrategicamente distribuídos na região, pertencentes às bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá; Tietê e Sorocaba e Tietê e Jacaré. Os municípios atendidos são: Botucatu, Tatuí, São roque, Pederneiras, Salto de Pirapora, São Manuel, Boituva, Ibiúna, Agudos, Piedade, Laranjal Paulista, Iperó, Charqueada, Conchas, Macatuba, Bocaina, Dourado, Itatinga, Cesário Lange, Bofete, Capela do Alto, Areiópolis, Alumínio, Arealva, Porangaba, Anhembi, Araçariguama, Águas de São Pedro, Pratânia, Boracéia, Pardinho, Santa Maria da Serra, Torre de Pedra e Quadra.

Estrutura da empresa – regional de Botucatu

Recursos materiais:

- Instalações: cinco galpões, três pátios e uma sede.
- Área ocupada: 45.203,04 m²
- Área administrativa: 6302,4 m²
- Área de logística e distribuição: 23903,64 m²

- Área de estacionamento, carregamento: 14.997,00 m².
- Frota: Duzentos e setenta e oito automóveis.

Recursos Humanos

Oitocentos e trinta funcionários.

Principais produtos e serviços

- Planejar, projetar, empreender, operar e manter os sistemas de água e esgotos, inclusive obras e serviços.
- Elaborar e executar os orçamentos da Unidade de Negócio, de forma a atingir as metas empresariais.
- Gerir e controlar o desempenho econômico-financeiro e operacional da Unidade de Negócio.
- Desenvolver e/ou incorporar novas tecnologias de gestão e operação.
- Manter íntima relação com as entidades da sociedade organizada, local e regional, buscando ampliar a inserção da Empresa no cotidiano das comunidades.

Níveis de produção

A empresa produz 90 mil litros de água tratada por segundo e fornece serviços para 45% da população paulista - 25 milhões de pessoas. Desde de 2003, estas pessoas contavam com 100% de cobertura no abastecimento de água, 78% de coleta de esgoto e 62% de tratamento dos efluentes coletados. Esses números fazem da empresa a maior empresa de saneamento das Américas.

Tendências da empresa

A empresa tem que manter um ritmo de crescimento que acompanhe o crescimento dos Municípios atendidos por ela, e para isso, ela pretende Investir de 2009 até 2013, R\$ 8,6 bilhões para continuar levando água a toda a população das cidades, além de ampliar os índices de coleta e tratamento de esgotos. Assim, suas metas até 2013 são oferecer:

- 100% de água tratada
- 90% de esgotos coletados
- 88% de tratamento de esgotos

Desde 2007, a empresa está autorizada a expandir geograficamente o escopo do seu negócio e adicionar novos tipos de serviços relativos ao saneamento ambiental e energia. Para oferecer serviços de qualidade, mantém uma gigantesca estrutura e nos últimos cinco anos investiu aproximadamente R\$ 5 bilhões.

Tendências do setor

Os dados apresentados anteriormente fazem da companhia uma das maiores empresas de saneamento básico das Américas.

Um estudo realizado pelo IE – Instituto de economia da Unicamp, encomendado pela empresa, mostrou que o setor de saneamento Básico, no Brasil, encontra-se em plena expansão, já que ainda estamos longe da universalização dos serviços, principalmente no que se refere ao tratamento de esgoto. Analisa o professor Fernando Sarti, um dos coordenadores da pesquisa.

Tecnologias empregadas

A empresa dispõe de diversos programas tecnológicos capazes de garantir a máxima qualidade de serviços e produtos, garantindo assim um alto nível de confiabilidade para o setor e a sociedade. Esses programas são conduzidos por profissionais gabaritados, entre os melhores do país no setor de saneamento. Entre os programas podemos citar:

Aqualog - é uma tecnologia desenvolvida pela empresa para automação da área de saneamento ambiental. Ela faz com que as operações dos sistemas de produção de água alcancem a máxima eficiência, gerando menores custos operacionais, além de garantir maior confiabilidade e segurança.

Além da qualidade final da água tratada, a precisão proporcionada pela tecnologia Aqualog é determinante para a economia de energia elétrica e dos produtos químicos utilizados no processo, otimizando desta forma o índice de perdas. Nas Estações de Tratamento de Água que utilizam o sistema foi constatada uma economia de até 27,3% com sulfato de alumínio (coagulante) e de até 24,3% em energia elétrica (kWh/m³).

Desde 1980, a empresa supervisiona e controla o sistema integrado de abastecimento através de um Centro de Controle Operacional (CCO), onde são monitoradas quatro mil variáveis de operação como: pressão, vazão, temperatura, níveis de reservatórios e a situação das estações elevatórias. As informações recolhidas na rede de abastecimento são gerenciadas pelo sistema de controle operacional de abastecimento (SCOA). O programa monitora e controla, à distância 285 níveis de reservatórios, 214 pontos de vazão, 268 pontos de pressão, 127 bombas telecomandadas, 389 bombas automáticas e 117 válvulas telecomandadas, nove pontos de temperaturas e 30 níveis de torre. O sistema conta também com oito equipes de campo, distribuídas estrategicamente para apoiar o centro de controle nas operações manuais.

Preservar mananciais, monitorar a qualidade da água tratada e distribuída e controlar o tratamento de esgotos exige capacitação técnica e tecnologia adequada. Para otimizar esses processos, a companhia desenvolveu o NetControl, um sistema de gestão que planeja e programa, automaticamente, a coleta de amostras. Este processo de avaliação é adotado, desde 1996, pelos laboratórios de análises de controle sanitário, Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).

Sistema on-line

Através de postos de trabalho e estações de supervisão, técnicos da empresa controlam simultaneamente todas as atividades laboratoriais, em tempo real. Instrumentos de análises ficam conectados ao sistema 24 horas, garantindo assim a transmissão automática de todos os resultados necessários para a obtenção das melhores avaliações. Por ser um sistema on-line, ele elimina a possibilidade de erros decorrentes de leituras, transcrições e digitações.

Sistema de informações geográficas no saneamento

Com o objetivo de melhorar a qualidade nas ações de gerenciamento e operação das redes de abastecimento de água e coleta de esgotos, a empresa implantou, em agosto de 2004, o sistema de informações geográficas no saneamento (SIGNOS). O serviço utiliza modernas tecnologias de informação que demonstram, graficamente, a localização das redes comerciais e operacionais da empresa.

A visualização dos dados técnicos disponibilizados pelo sistema permitiu a execução de diversos planos de ação, cujos resultados refletiram na redução dos custos de manutenção,

diminuição de perdas pela identificação de concentração de vazamentos e, ainda, pela melhoria dos serviços prestados.

Hoje, a companhia equipara-se tecnicamente aos maiores centros urbanos mundiais, tanto em termos de estrutura como em conhecimento, para atender às demandas de regularidade do abastecimento de água.

Os números da empresa impressionam, tanto pela quantidade de redes e conexões de água e esgoto disponíveis quanto pelo volume de tratamento. São cerca de 105 mil litros de água por segundo, para oferecer mais qualidade de vida para mais de 26,7 milhões de pessoas. Isso corresponde a 60% da população urbana do Estado de São Paulo. Para se ter uma noção da extensão das redes de distribuição de água e de coleta de esgotos, as tubulações dariam duas voltas ao redor da Terra (se fossem ligadas linearmente).

E para manter tudo funcionando perfeitamente e expandir cada vez mais seus serviços, a empresa tem cerca de 16.100 profissionais (considerando todas as unidades de negócios) altamente qualificados para a operação de sistemas avançados de tecnologia. Hoje, seu patrimônio líquido chega a aproximadamente US\$ 4 bilhões.

3.1.2 Departamento da empresa onde foi desenvolvido o estudo

O departamento de logística e gestão de materiais da empresa analisada tem a responsabilidade de estudar estatísticas de consumo e manter o estoque de materiais utilizados nos 34 municípios atendidos pela unidade de negócio de Botucatu: são 99 centros de custos e mais de 906 mil consumidores atendidos - Uma complexa rede logística.

Suas principais atividades são:

- Ressuprimento: Elaboração do orçamento físico anual; Controle do ponto de ressuprimento; Administração de contratos; Recebimento do material; Controle do Consumo Analítico.
- Armazenagem: Identificação e localização do material; Organização do material; Aplicação de testes operacionais; Separação do material para expedição. Aceite das requisições /devoluções; Programação do atendimento Mensal; Conferência e embalagem; Carregamento e transporte.

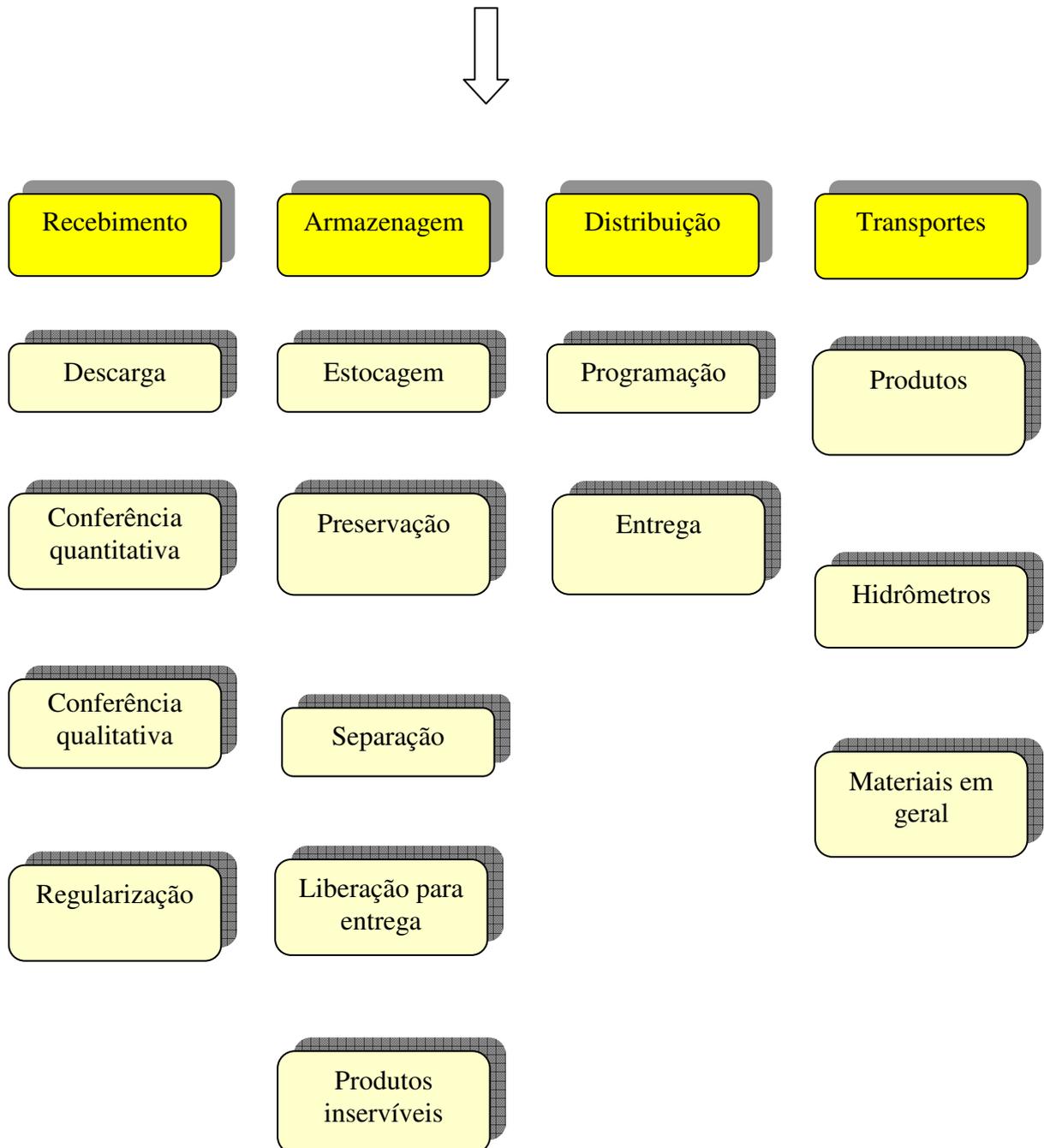
Estrutura funcional da área:

- 01 Gestor
- 01 Encarregado
- 01 Analista
- 01 Motorista
- 04 Técnicos
- 02 Ajudantes
- 01 Estagiário
- 01 Aprendiz
- 09 Mesas
- 09 Micros
- 04 banheiros
- 01 Cozinha
- 01 sala de reuniões

O departamento ocupa uma área de 23903,64 m².

Na figura – 5 estão as principais atividades desenvolvidas no departamento de logística e gestão de materiais.

Figura – 5 Fluxograma do setor de logística



3.2 Materiais

Este trabalho apresentou baixo custo de elaboração. Os materiais utilizados foram:

- Computador
- Google Maps
- Impressora multifuncional
- Mapa do estado de São Paulo
- Microsoft Excel 2003.
- Régua
- Papel A4

3.3 Método

O método aplicado foi o centro de gravidade, um modelo matemático recomendado para encontrar a melhor localização de uma empresa ou centro de distribuição dentro de uma rede logística. O método calcula a localização tal que reduza os custos de transportes.

No presente trabalho, aplicou-se as equações 3 e 4, item 2.7, p. 23-24, pois os custos de transportes foram considerados lineares. “ c_i ”, na fórmula, foi determinado como o peso de consumo de estoque atribuído a cada ponto consumidor, pois eles são proporcionais ao volume de materiais transportados.

Usualmente, as coordenadas x e y , utilizadas na aplicação do método, são determinadas em km ou centímetros, neste trabalho utilizou-se coordenadas de longitude e latitude decimais, para sua aplicação através do Microsoft Excel, elaborando um gráfico de dispersão x e y para a construção do mapa da rede logística atendida pela Companhia. A vantagem na utilização das coordenadas de longitude e latitude é a possibilidade de utilização do Google Maps para determinar a localização exata do centro de distribuição calculada pelo método. Outras informações sobre o método estão no item 2.7, p. 22-24.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentadas as tabelas, figuras e resultados obtidos através das pesquisas e estudo de caso na companhia. São discutidas suas relações e resultados apresentados.

4.1 Dados utilizados como parâmetro para aplicação do método centro de gravidade

Na primeira fase do trabalho foram coletados, junto ao departamento de logística e gestão de materiais, os dados dos municípios: número da população, economias ativas de ligações de água/esgoto e extensão das redes de água e esgoto. A empresa divide os 34 municípios em três sub-gerências: Botucatu, São Manuel e Tatuí. As informações sobre o número populacional dos municípios estão na tabela – 3.

Tabela – 3 População dos 34 municípios.

	População Dez/2009		
	Urbana	Rural	Total
Botucatu	118.640	4.124	122.764
Anhembi	4.230	1.214	5.444
Bofete	7.005	2.031	9.036
Itatinga	15.307	1.831	17.138
Pardinho	4.439	1.662	6.101
Boituva	45.945	1.747	47.692
Cesário Lange	10.662	3.789	14.451
Iperó	15.201	9.826	25.027
Porangaba	4.490	3.042	7.532
			Continua...

Continuação

	População Dez/2009		
	Urbana	Rural	Total
Torre de Pedra	1.896	845	2.741
Laranjal Paulista	22.117	2.451	24.568
Conchas	14.251	3.466	17.717
Divisão Botucatu	264.183	36.028	300.211
São Manuel	38.582	2.393	40.975
Águas de São Pedro	2.003	0	2.003
Areiópolis	9.000	1.662	10.662
Charqueada	14.045	1.079	15.124
Pratânia	3.677	1.176	4.853
Santa Maria da Serra	4.480	592	5.072
Agudos	34.295	1.513	35.808
Pederneiras	38.591	2.128	40.719
Arealva	6.010	1.689	7.699
Bocaina	10.431	756	11.187
Boracéia	3.659	385	4.044
Dourado	8.706	660	9.366
Macatuba	17.534	640	18.174
Divisão São Manuel	191.013	14.673	205.686
Tatuí	103.379	7.472	110.851
Quadra	1.388	1.892	3.280
Piedade	29.674	26.853	56.527
Ibiúna	25.493	54.084	79.577
Salto de Pirapora	38.787	7.342	46.129
Capela do Alto	15.217	2.996	18.213
São Roque	58.514	17.128	75.642
Alumínio	15.751	1.459	17.210
Araçariguama	11.183	3.732	14.915
Divisão Tatuí	299.386	122.958	422.344
Total	754.582	173.659	928.241

Fonte: Companhia de saneamento básico de Botucatu.

Observa-se na tabela – 3 que, as cidades de Botucatu e Tatuí têm um número populacional bem acima das outras cidades e na comparação entre os municípios que, Botucatu, individualmente, possui a maior população, mas comparando as gerências, Tatuí se destaca como a gerência de maior população atendida pela companhia: mais de 422 mil pessoas atendidas na distribuição de água e coleta de esgoto. A gerência de São Manuel tem a menor população atendida, mas entende-se que, empresas que trabalham com saneamento básico não podem priorizar apenas regiões de maior lucro ou de maior índice populacional, e sim, ao atendimento para melhorar a qualidade de vida das pessoas proporcionando saúde e bem estar.

A Tabela – 4 apresenta o número de economias ativas (número de registros) de água e esgoto cadastradas nos municípios.

Tabela – 4 Economias ativas cadastradas.

	Economias Ativas Cadastradas (dez/09)		
	Água	Esgoto	Total
Botucatu	46.304	42.928	89.232
Anhembi	1.717	1.624	3.341
Bofete	2.500	2.284	4.784
Itatinga	4.985	4.945	9.930
Pardinho	1.551	1.309	2.860
Boituva	14.156	12.184	26.340
Cesário Lange	4.213	3.387	7.600
Iperó	5.709	4.021	9.730
Porangaba	2.555	1.667	4.222
Torre de Pedra	882	579	1.461
Laranjal Paulista	8.331	7.318	15.649
Conchas	4.859	4.394	9.253
Divisão Botucatu	97.762	86.640	184.402
São Manuel	13.058	12.578	25.636
Águas de São Pedro	2.058	1.936	3.994
Areiópolis	3.051	3.032	6.083
Charqueada	5.038	3.943	8.981
Pratânia	1.266	1.239	2.505
Santa Maria da Serra	1.690	0	1.690
Agudos	10.733	10.172	20.905
Pederneiras	13.406	12.789	26.195
Arealva	2.454	2.239	4.693
Bocaina	3.803	3.631	7.434
Boracéia	1.277	1.271	2.548
Dourado	3.271	3.110	6.381
Macatuba	4.993	4.954	9.947
Divisão São Manuel	66.098	60.894	126.992
Tatuí	35.505	33.327	68.832
Quadra	419	303	722
Piedade	9.092	5.305	14.397
Ibiúna	10.175	4.242	14.417
Salto de Pirapora	12.890	8.748	21.638
Capela do Alto	4.876	2.999	7.875
São Roque	18.462	13.098	31.560
Alumínio	3.773	3.320	7.093
Araçariguama	3.238	2.314	5.552
Divisão Tatuí	98.430	73.656	172.086
TOTAL	262.290	221.190	483.480

Fonte: Companhia de saneamento básico de Botucatu.

Na tabela – 4, o destaque individual, em número de economias (registros de água/esgoto ativos) é Botucatu, seguida do município de Tatuí, mas na comparação entre as sub-gerências há uma mudança: a sub-gerência de Botucatu, apesar de possuir menor número populacional, possui maior número de ligações de água/esgoto. A explicação pode ser simples: a sub-gerência de Botucatu pode possuir maior número de residências/prédios ocupadas por um menor número de habitantes, outros fatores podem influenciar, mas não é o foco deste trabalho entender esta relação. Para a companhia significa maior possibilidade de lucros, já que, em regiões com maior número de prédios, por exemplo, há apenas uma ligação de água/esgoto, mas cada apartamento pode ter uma economia ativa (registro de consumo de água/esgoto). A sub-gerência de São Manuel, novamente, se destaca sendo a de menor número expresso em comparação às sub-gerências de Botucatu e Tatuí.

A Tabela – 5 apresenta a extensão das redes de água e esgoto (em metros) de cada município.

Tabela – 5 Extensões das redes de água e esgoto.

	Extensão de Rede de água e esgoto Dez/2009 (metros)		
	Distribuição de água	Coletores de Esgoto	Total
Botucatu	53.852	369.405	423.257
Anhembi	7.982	20.427	28.409
Bofete	13.826	25.816	39.642
Itatinga	3.180	42.618	45.798
Pardinho	538	12.818	13.356
Boituva	22.674	64.173	86.847
Cesário Lange	9.394	30.383	39.777
Iperó	16.491	34.801	51.292
Porangaba	7.610	16.716	24.326
Torre de Pedra	1.392	6.266	7.658
Laranjal Paulista	13.003	79.171	92.174
Conchas	15.058	33.417	48.475
Divisão Botucatu	165.000	736.011	901.011
São Manuel	23.520	105.455	128.975
Águas de São Pedro	3.126	28.705	31.831
Areiópolis	7.988	25.040	33.028
Charqueada	19.545	23.860	43.405
Pratânia	5.106	12.649	17.755
Santa Maria da Serra	2.590	0	2.590
Agudos	22.922	80.693	103.615

Continua...

Continuação

	Extensão de Rede de água e esgoto Dez/2009 (metros)		
	Distribuição de água	Coletores de Esgoto	Total
Pederneiras	27.632	116.830	144.462
Arealva	7.603	22.770	30.373
Bocaina	11.032	38.254	49.286
Boracéia	845	17.482	18.327
Dourado	12.612	34.598	47.210
Macatuba	9.779	39.546	49.325
Divisão São Manuel	154.300	545.882	700.182
Tatuí	32.504	224.413	256.917
Quadra	1.006	6.194	7.200
Piedade	17.755	48.722	66.477
Ibiúna	24.304	26.335	50.639
Salto de Pirapora	39.528	66.332	105.860
Capela do Alto	8.411	15.750	24.161
São Roque	14.859	135.558	150.417
Alumínio	2.950	27.398	30.348
Araçariguama	3.432	7.981	11.413
Divisão Tatuí	144.749	558.683	703.432
TOTAL	464.049	1.840.576	2.304.625

Fonte: Companhia de saneamento básico de Botucatu.

Na tabela – 5, Botucatu apresenta maior índice em comparação às outras cidades. Na comparação das Sub-gerências, Botucatu se destaca como a principal, seguida de Tatuí e São Manuel. Mas nota-se que a Sub-gerência de São Manuel apresenta números próximos à sub-gerência de Tatuí na extensão das redes de água/esgoto. O que demonstra que a gerência de São Manuel possui grande potencial de crescimento para ligações de água e esgoto e pode possuir menor índice demográfico em relação às outras Sub-gerências. Um bairro novo, por exemplo, possui uma rede de extensão de água e esgoto, mas ainda tem poucas ligações de água/esgoto devido à baixa densidade demográfica (menor número de habitantes). Isso explica a gerência de São Manuel possuir extensão de rede próxima à metragem apresentada pela gerência de Tatuí.

De posse de todos esses dados, as informações foram resumidas, determinando o total % do número de habitantes, economias ativas de água/esgoto cadastradas e extensão das redes de água/esgoto em relação ao total. As informações finais estão na tabela – 6.

Tabela – 6 Percentuais em relação ao total: ligação de água e esgoto, população, extensões das redes de água e esgoto de cada município

Municípios	% Economias		% Extensão	Média % total
	ativas	% População	distribuição água+esgoto	
Botucatu	18,46	13,23	15,84	15,84
Tatuí	14,24	11,94	9,60	11,93
São roque	6,53	8,15	5,28	6,65
Pederneiras	5,42	4,39	6,15	5,32
Salto de Pirapora	4,48	4,97	6,06	5,17
São Manuel	5,30	4,41	5,40	5,04
Ibiúna	2,98	8,57	3,33	4,96
Boituva	5,45	5,14	4,19	4,92
Agudos	4,32	3,86	4,66	4,28
pedade	2,98	6,09	3,24	4,10
Laranjal Paulista	3,24	2,65	3,55	3,15
Iperó	2,01	2,70	2,72	2,48
Conchas	1,91	1,91	2,53	2,12
Charqueada	1,86	1,63	2,75	2,08
Macatuba	2,06	1,96	2,13	2,05
Itatinga	2,05	1,85	1,50	1,80
Bocaina	1,54	1,21	2,23	1,66
Cesário lange	1,57	1,56	1,84	1,65
Capela do alto	1,63	1,96	1,33	1,64
Dourado	1,32	1,01	2,30	1,54
Aluminio	1,47	1,85	1,06	1,46
Bofete	0,99	0,97	2,19	1,38
Areiopolis	1,26	1,15	1,54	1,32
Araçariguama	1,15	1,61	0,59	1,11
Arealva	0,97	0,83	1,44	1,08
Porangaba	0,87	0,81	1,27	0,99
Anhembi	0,69	0,59	1,41	0,90
Aguas de São				
Pedro	0,83	0,22	1,12	0,72
Pratânia	0,52	0,52	0,89	0,64
Pardinho	0,59	0,66	0,41	0,55
Boraceia	0,53	0,44	0,57	0,51
Santa Maria da				
Serra	0,35	0,55	0,28	0,39
Torre de Pedra	0,30	0,30	0,32	0,31
Quadra	0,15	0,35	0,28	0,26
TOTAL	100	100	100	100

Como pode ser observado na tabela – 6, a soma % total maior está na ordem decrescente. Assim pode-se dizer que a ordem dos municípios na tabela representa a importância de cada município para a companhia – em números. Observa-se que a cidade de Botucatu destacou-se como a principal na soma dos índices, seguida da cidade de Tatuí, e São Manuel, apesar de ser uma sub-gerência, ocupa apenas 6 posição pelos índices analisados. As

idades de São Roque, Pederneiras e Salto de Pirapora, que não são sub-gerências e ficaram a frente da Sub-gerência de São Manuel, merecem maior atenção por parte da companhia depois dessa análise.

4.2 Elaboração do mapa da rede logística

Na segunda fase do trabalho, foram coletadas as informações de latitude e longitude decimais, Tabela – 7, de cada município para elaboração do mapa da rede logística da Companhia.

Tabela – 7. Coordenadas de longitude e latitude dos municípios.

X(longitude decimal)	Y(latitude decimal)	Municípios
-0,478761111	-0,225994444	Cesár de São Pedro
-0,489875	-0,224691667	Agudos
-0,472619444	-0,23535	Aluminio
-0,481272222	-0,227894444	Anhembi
-0,470613889	-0,234386111	Aracariguama
-0,489111111	-0,220286111	Arealva
-0,48665	-0,226680556	Areiopolis
-0,485180556	-0,221361111	Bocaina
-0,482577778	-0,231022222	Bofete
-0,476722222	-0,232833333	Boituva
-0,487788889	-0,221930556	Boraceia
-0,48445	-0,228858333	Botucatu
-0,477347222	-0,234705556	Capela do Alto
-0,479530556	-0,232266667	Cesário Lange
-0,477780556	-0,225097222	Charqueada
-0,480105556	-0,230152778	Conchas
-0,483175	-0,221	Dourado
-0,472225	-0,236563889	Ibiúna
-0,476886111	-0,233502778	Ipero
-0,486158333	-0,231016667	Itatinga
-0,478366667	-0,230497222	Laranjal Paulista
-0,487113889	-0,225022222	Macatuba
-0,483736111	-0,230811111	Pardinho
-0,48775	-0,223516667	Pederneiras
-0,474277778	-0,237119444	Piedade
-0,48125	-0,231758333	Porangaba
-0,486661111	-0,228083333	Pratânia

Continua...

Continuação

-0,480547222	-0,232994444	Quadra
-0,475733333	-0,236488889	Salto de Pirapora
-0,481605556	-0,225672222	Santa Maria da Serra
-0,485705556	-0,227311111	Sao Manuel
-0,471352778	-0,235291667	Sao Roque
-0,481947222	-0,232444444	Torre de Pedra
-0,478569444	-0,233555556	Tatuí

Fonte: Companhia de saneamento básico de Botucatu.

O mapa, figura – 06 foi desenvolvido através da ferramenta Microsoft Excel 2003 e contém os 34 municípios atendidos pela Companhia na distribuição de água e coleta de esgoto. Foi gerado um gráfico de dispersão com as coordenadas decimais de longitude e latitude para formação do seu desenho.

Figura – 06 Mapa da rede logística atendida pela companhia, regional de Botucatu.



4.3 Aplicação do método centro de gravidade

Na terceira e última fase do trabalho, foi aplicado o método centro de gravidade utilizando os dados coletados na empresa, que forneceram os números proporcionais ao volume de materiais transportados para cada município, e o mapa da rede logística – onde se encontram os 34 municípios atendidos pela companhia no tratamento de água e coleta de esgoto.

A tabela – 8 apresenta os cálculos utilizados para encontrar o centro de gravidade – centro de distribuição no mapa da rede logística da empresa. A tabela foi desenvolvida com base nas equações 3 e 4, apresentadas no Item 2.7, p23-24.

Tabela – 8 Cálculo do centro de gravidade.

Dix(longitude decimal)	Diy(latidade decimal)	Municípios	ci (peso)	dix*ci	diy*ci
		Aguas De Sao			
-0,478761111	-0,225994444	Pedro	0,72	-0,3447	-0,1627
-0,489875	-0,224691667	Agudos	4,28	-2,0967	-0,9617
-0,472619444	-0,23535	Aluminio	1,46	-0,69	-0,3436
-0,481272222	-0,227894444	Anhemi	0,90	-0,4331	-0,2051
-0,470613889	-0,234386111	Aracariguama	1,11	-0,5224	-0,2602
-0,489111111	-0,220286111	Arealva	1,08	-0,5282	-0,2379
-0,48665	-0,226680556	Areiopolis	1,32	-0,6424	-0,2992
-0,485180556	-0,221361111	Bocaina	1,66	-0,8054	-0,3675
-0,482577778	-0,231022222	Bofete	1,38	-0,666	-0,3188
-0,476722222	-0,232833333	Boituva	4,92	-2,3455	-1,1455
-0,487788889	-0,221930556	Boraceia	0,51	-0,2488	-0,1132
-0,48445	-0,228858333	Botucatu	15,84	-7,6737	-3,6251
-0,477347222	-0,234705556	Capela Do Alto	1,64	-0,7828	-0,3849
-0,479530556	-0,232266667	Cesario Lange	1,65	-0,7912	-0,3832
-0,477780556	-0,225097222	Charqueada	2,08	-0,9938	-0,4682
-0,480105556	-0,230152778	Conchas	2,12	-1,0178	-0,4879
-0,483175	-0,221	Dourado	1,54	-0,7441	-0,3403
-0,472225	-0,236563889	Ibiuna	4,96	-2,3422	-1,1734
-0,476886111	-0,233502778	Ipero	2,48	-1,1827	-0,5791
-0,486158333	-0,231016667	Itatinga	1,80	-0,8751	-0,4158
-0,478366667	-0,230497222	Laranjal Paulista	3,15	-1,5069	-0,7261
-0,487113889	-0,225022222	Macatuba	2,05	-0,9986	-0,4613
-0,483736111	-0,230811111	Pardinho	0,55	-0,2661	-0,1269
-0,48775	-0,223516667	Pederneiras	5,32	-2,5948	-1,1891
-0,474277778	-0,237119444	Piedade	4,10	-1,9445	-0,9722

Continua...

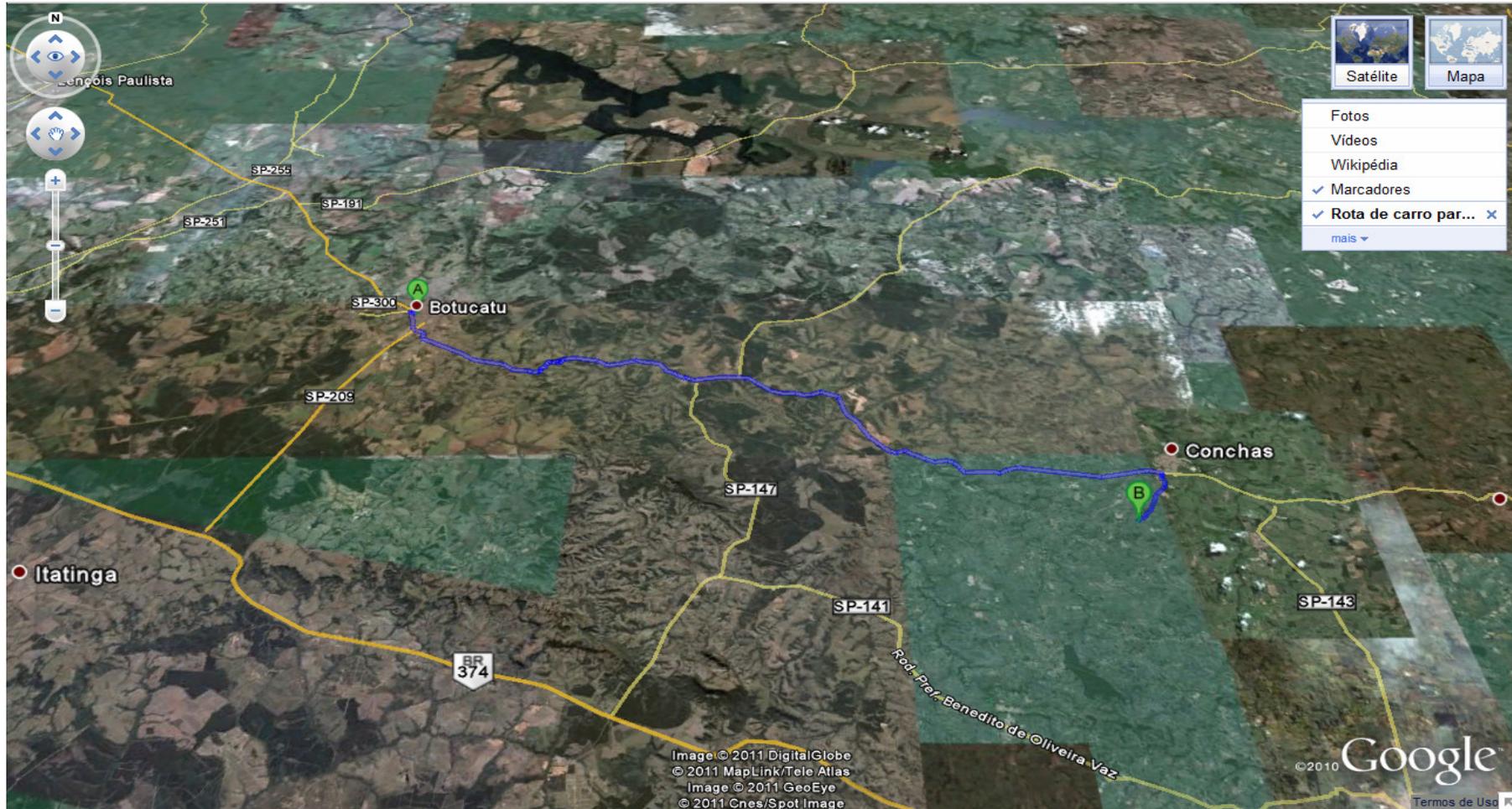
Figura – 07 Mapa da rede logística da companhia com a localização ideal do centro de distribuição.



4.4 Localização do centro de distribuição

A localização apontada pelo círculo vermelho no mapa, figura – 07 representa a localização ideal do centro de distribuição calculada através do método centro de gravidade. Nota-se que a localização indicada está próxima da cidade de Conchas, local onde a empresa possui um posto de operação. Conchas está a 60,1 Km de Botucatu, onde está localizado o atual centro de distribuição da empresa. Inserindo as coordenadas de longitude e latitude, do local ótimo encontrado, no Google maps, pode-se visualizar a sua localização exata, Figura - 08. O local pode ser indicado para receber o centro de distribuição proposto neste trabalho, Porém, a localização exata apontada pelo método, não precisa ser necessariamente, o local a ser utilizado: pode estar dentro de um rio, um local onde já exista outra empresa ou estar ocupado por residências. O método serve apenas como referência, a companhia pode estudar os prós e contras da nova localização indicada pelo presente trabalho. Estudos como: mão-de-obra; capacidade de atendimento energético; Suprimentos e acessibilidade devem ser analisados antes da definição do local de localização do novo centro de distribuição. No presente trabalho não foram abordados esses temas, pois eles podem estar na seqüência do estudo proposto/realizado.

Figura – 08 distância entre o centro de distribuição atual e a sua localização ideal encontrada no presente trabalho.



Fonte: Google maps, 2011.

5 CONCLUSÕES

Os estudos sobre localização de centro de distribuição demonstrou a importância da logística para as empresas: diminuir a distância entre fornecedores e clientes significa aumentar a capacidade de competição e agregar valor ao produto e/ou serviço.

O presente trabalho cumpriu com seu objetivo: encontrar a localização ideal de um centro de distribuição, de materiais de serviços, para uma companhia de saneamento básico do estado de São Paulo – utilizando o método centro de gravidade.

A localização indicada como ideal pelo método serve como referência para a companhia determinar a localização de fato. O que pode ser ressaltado é a complexidade de atendimento de 34 municípios por apenas um centro de distribuição.

O presente trabalho constatou que o atual centro de distribuição está, aproximadamente, a 60,1 km do calculado pelo método centro de gravidade, o que não representa uma grande distância analisando a rede logística atendida pela companhia. Por este fato, o que pode ser sugerido para a empresa, é que ela mantenha o atual centro de distribuição e realize um novo estudo sobre a localização de mais um centro de distribuição, de menor porte, para atender de forma satisfatória e com qualidade todos os municípios. A população desses municípios não pára de crescer e logo a empresa poderá ter a necessidade de possuir novos centros de distribuição.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. C; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada**: Suprimento e distribuição física. 3. ed. São Paulo, Blucher, 2000.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: Transportes, Administração de materiais e Distribuição Física. Tradução Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo, Atlas, 1993.

_____. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. Tradução Elias Pereira. São Paulo, Atlas, 2001.

_____. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. Tradução Bookman. Porto Alegre, Artimed, 2004.

BOWERSOX, D. J; CLOSS, D. J. **Logística empresarial**. Tradução Equipe do centro de estudos em logística e Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo: Atlas, 2001.

GOOGLE MAPS 2011. Dados cartográficos@2011. Disponível em: <<http://maps.google.com/>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

MARQUES, W. L. **Administração de logística**. Paraná, Printed in Brasil, 1994.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo, Pioneira thomson learning, 2002.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. São Paulo, Elsevier, 2007.

REIS, G. L. **Produção de monografia**: da teoria à prática. 3. Ed. Brasília, Senac, 2010.

RODRIGUES, G. G; PIZZOLATO, N. D. Centro de distribuição: Armazenagem estratégica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIII, 2003, Ouro Preto, **Anais eletrônicos...** Ouro Preto: ENEGEP, 2003. p. 1-8. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0112_0473.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2011.

XAVIER, C. E.O. **Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no brasil:** aplicação de um modelo matemático de otimização. 2008. 175 f. Dissertação (Mestrado em Economia aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008. Disponível em: <
<http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo1323.pdf>>. Acesso em: 21 ago 2011.

Botucatu, 05 de Dezembro de 2011

Clayton de Paula Gomes

De Acordo

Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini

Botucatu, 05 de Dezembro de 2011

Prof^a. Ms. Bernadete Rossi Barbosa Fantin