

Logística X Computação: Uso de um Algoritmo Brand-and-boud na Redução de Custos Logísitcos

Diogo Tavares Robaina
professor.robaina@gmail.com
UFF

Wesley Oliveira dos Santos
wesley_ods@hotmail.com
UNILASALLE

Kleber Guimarães de Sá
salvatori650@globomail.com
UNILASALLE

Omar Abreu de Carvalho
omar_carvalho@yahoo.com.br
UNILASALLE

Resumo: Este estudo apresenta conceitos e resultados da aplicação de um algoritmo branch-and-bound para a definição da rota ideal (menor custo e tempo) para entrega de produtos à clientes de uma indústria do Estado do Rio de Janeiro. Tratada como uma das dimensões mais importantes do contexto empresarial, a logística requer atenção dos gestores organizacionais principalmente pelo impacto que suas atividades podem gerar nos resultados financeiros organizacionais. Dada a complexidade de seus processos, a logística, exige competência em sua gestão, assim como a aplicação de práticas assertivas nas operações que consomem a maior quantidade de recursos.

Palavras Chave: Logística - algoritmo - custo - branch-and-bound -

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade das empresas no mercado (altamente dinâmico) é resultado de atividades organizacionais executadas em sua plena competência, e a logística empresarial (conceituada como um conjunto de atividades logicamente estruturadas que conduzem/entregam os produtos aos consumidores, ou seja, uma “ponte” entre os fornecedores e os consumidores intermediários ou finais) é fundamentalmente uma das dimensões do negócio que retém um grupo de atenção considerável quando percebida a sua importância.

Gerenciar os estoques e a distribuição dos produtos de maneira estratégica e eficiente compõe a vocação da logística empresarial, principalmente por serem componentes que mais consomem recursos quando imputados em seus processos.

Soluções logísticas que reduzem a quantidade de recursos utilizados para a execução dos processos de entrega dos produtos produzidos estão sendo cada vez mais almejadas pelos gestores organizacionais, pois é extremamente importante a redução gradativa dos custos ligados a execução destas atividades para a manutenção da organização no mercado contemporâneo.

A rota para entrega dos produtos deve ser definida com vistas a redução dos gastos com combustíveis, do tempo utilizado para a execução das atividades e os desgastes dos veículos utilizados para o transporte dos produtos.

Neste estudo apresentaremos aos administradores, empreendedores e profissionais de tecnologia da informação a aplicação de um algoritmo desenvolvido para a solução do seguinte dilema em uma indústria especializada na fabricação de um novo conceito de sorvetes expressos localizada na cidade de Niterói-RJ: Qual a rota ideal para a entregar os produtos produzidos aos clientes localizados em diversas cidades no estado do Rio de Janeiro com o menor custo possível e com um nível aceitável de satisfação?

2. LOGÍSTICA E SUA IMPORTÂNCIA

Ao falarmos de desenvolvimento empresarial e da manutenção de uma organização no mercado contemporâneo caracterizado pela alta competitividade e dinamismo, falamos de cadeia logística e a relevância que esta dimensão de negócio alcançou nos níveis estratégico-organizacionais, devido ao impacto positivo que o gerenciamento eficiente pode proporcionar a organização.

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals* (2009), a logística é definida como:

Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, de custos efetivos, estoques de matéria-prima, recursos circulantes, mercadorias acabadas e informações relacionadas do ponto de origem ao ponto de consumo com a finalidade de atender aos requisitos do cliente.

Já Carvalho (2002) conceitua logística como:

A parte do gerenciamento da cadeia de abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semi-acabados e produtos acabados, bem como as informações a eles relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Observamos que ambos os conceitos agem em consonância quando dizem que o objetivo das organizações é atingir, por meio de um planejamento, um excelente desempenho

com o menor custo possível, gerando assim maior satisfação e valor para o cliente. As novas demandas da atividade logística tornaram-se dinâmicas e exigiram das organizações maior controle e identificação das oportunidades de redução de custos, redução de prazos, aumento da qualidade, disponibilidade de estoques e maior flexibilização da produção e armazenamento, além do alto investimento em tecnologias e metodologias de custeio, direção e redefinição de processos.

A logística trabalha com o controle e circulação de bens, informações, serviços e pessoas tendo como foco o serviço do cliente, em que são analisados escolha de canais de suprimentos e de distribuição adequados e na utilização dos recursos de transporte, estoque e informação mais eficientes. Todavia o grande dilema e desafio do setor de logística é a redução de custos e prazos em meio ao desequilíbrio, desintegração e saturação dos modais de transportes no Brasil.

A escolha na década de 1950 pelo modal rodoviário como modelo de desenvolvimento, integração e industrialização da economia brasileira e a ausência de políticas públicas de infraestrutura e logística para o longo prazo que acompanhassem a expansão urbano-industrial brasileira, fez com que as organizações sofressem diretamente com a saturação do modal rodoviário e com a crise nos modais aéreo, ferroviário e elétrico.

Barat (2008) afirma que:

Mas a deficiência das ferrovias e portos, além da malha rodoviária ainda pouco extensa para as dimensões do país, tornaram o sistema de transportes um dos principais estrangulamentos, tanto às complexas logísticas de abastecimento e escoamento, que surgiram com as novas cadeias produtivas, quanto ao próprio desenvolvimento econômico.

O transporte dos produtos tornou-se um dos maiores custos logísticos e um obstáculo para as empresas que adotaram um discurso sustentável, devido à falta de infraestrutura, congestionamentos nos centros urbanos e desintegração entre os modais rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeronáutico. Ainda em relação aos transportes, além dos problemas relacionados ao estado da infra-estrutura viária, temos problemas relacionados aos custos operacionais (pneus, combustível, seguro e pedágio), à tecnologia e à gestão (idade da frota alta e baixo nível de automação), às taxas e impostos e as exigências da legislação ambiental, o que fazem da redução de custos ainda mais desafiadora para o setor logístico.

3. CUSTOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Conceitualmente custos são gastos organizacionais identificáveis realizados na contraprestação de serviços e/ou na aquisição de bens necessários para a produção de bens ou na prestação de serviços (MARTINS, 2008). Possuem classificação em conformidade com a identificação de sua atividade/emprego ativado.

Podem ser diretos quando são atribuídos de maneira direta ao processo produtivo, bastando uma medida de consumo ou indireto quando não podem ser atribuídos de maneira direta ao processo produtivo, necessitando de uma medida arbitrária ou de rateio para a sua alocação, como a exemplo, energia elétrica e aluguel.

E ainda podem ser classificados em função da variação relativa proporcional a quantidade de produtos produzidos, ou seja, classificados em custos variáveis quando possuem valor flutuante em função direta da quantidade/volume de produtos produzidos (aumenta ou diminui proporcionalmente a quantidade de produtos produzidos) ou em custos fixos que são aqueles que o valor global não flutua em função direta da quantidade/volume produzidos (dentro de determinados limites).

3.1. CUSTOS LOGISTICOS

Segundo o *Institute of Management Accountants*, os custos logísticos são os custos atribuídos aos processos de planejar, implementar e controlar todo o inventário de entrada, em processo e de saída, desde o ponto de origem até o ponto de consumo; ou seja, são os sacrifícios financeiros (ou equivalente) com o controle e gestão de bens e suprimentos desde sua o fim de sua produção, armazenamento e distribuição, além do serviço pós-venda, garantindo a qualidade e satisfação para o cliente.

“O conceito de custo total na logística integrada, é baseado no inter-relacionamento dos custos de suprimentos, produção e distribuição”(COPACINO/1997).

A análise dos custos logísticos necessita da criteriosa identificação dos recursos consumidos, os quais de um modo geral, são despendidos pelas empresas em mão de obra, materiais (serviços e consumos), equipamentos, instalações, propriedades e capital.

Os custos dos elementos e operações logísticas em nível macro referem-se aos valores atribuídos em diferentes cadeias logísticas (abastecimento, planta e distribuição), mas basicamente são os atribuídos em: embalagens e dispositivos de movimentação, manuseio e movimentação de materiais no suporte às fábricas, armazenamento e distribuição (transporte). Lembrando que a cadeia logística ainda conta com a incidência de tributação inerentes a sua razão de ser e sua circulação.

Tabela 1: Custos e gestão da atividade logística

Atividade	Categoria	Elemento de Custo
Embalagens e disp. de movimentação.	Armazenagem	Salários e encargos, materiais de consumo, manutenção e depreciação dos equipamentos.
Movimentação e manuseio de materiais no suporte às fábricas.	Movimentação interna	Salários e encargos, depreciação dos equipamentos, instalações e sistemas de informação.
Armazenamento	Recebimento, estocagem, separação de pedidos e expedição	Salários e encargos, materiais de consumo e serviços, depreciação, manutenção, custos de capital e aluguel de equipamentos, de instalações e de sistemas de informação.
Transporte	Transporte/Distribuição	Salários e encargos, combustíveis, lubrificantes, depreciação de peças, reparos, equipamentos e instalações, seguros, fretes e impostos.

Os custos com armazenagem são aqueles relacionados a manutenção dos estoques, envolvendo questões inerentes a localização, dimensão da área, estrutura, alocação dos

estoques, tecnologias de movimentação interna, estocagem, sistemas, mão de obra e custos de ocupação.

Os trade-offs ocorrem na interação logística entre armazenagem e transportes, fatores estes de maior relevância no custo final.

A escolha de um modal de transporte e os custos atribuídos ao mesmo requerem cuidadosa consideração nos raciocínios da logística integrada, pois é aqui que se encontram as múltiplas oportunidades e variáveis que agregam valor e competitividade ao produto.

O transporte envolve a circulação de bens e suprimentos do fornecedor para a empresa, entre plantas e da empresa para o cliente final. Os custos com transportes, geralmente, constituem-se no principal componente dos custos logísticos, pois envolvem custos fixos elevados e custos variáveis (combustíveis, desgastes materiais, pedágios, impostos) relacionados entre volume e distância, que se agravam ainda mais com os problemas estruturais e urbanos das metrópoles.

Estudos do *Council of Supply Chain Management Professionals* mostram que a última milha (transporte nos centros urbanos) representa, em média, 28% do custo total de transporte e representa aproximadamente 30% do volume de tráfego nas grandes cidades. É responsável também por 20% a 35% das emissões de gases de efeito estufa, além de representar entre 15% e 20% dos acidentes gerados nas redes viárias urbanas.

Como alternativa para redução de custos, os setores logísticos tem investido em tecnologias da informação e comunicação (sistemas automatizados de gestão de materiais, computadores de bordo e softwares especializados em roteirização de transportes) e para a obtenção de materiais tem investido no método JIT (Just in Time), técnica constituída por um sistema que sincroniza as entregas das peças pelo fornecedor, conforme a programação e sequenciamento da produção, assegurando o fornecimento com inventário minimizado.

Para Christopher(1999), a missão do gerenciamento logístico é “planejar e coordenar todas as atividades necessárias para atingir os níveis desejados de qualidade e de serviços prestados ao menor custo possível”. Dessa forma a logística deve ser vista como processo de grande importância para a organização e procurar integrar essa área com as demais.

4. O ESTUDO PARA REDUÇÃO DE CUSTOS LOGÍSTICOS

O transporte é a atividade básica que trata da movimentação tanto de matérias-primas quanto do produto final. É considerada como a atividade mais notória e conhecida no meio logístico devido a sua importância e seu peso nos custos logísticos. O custo com o modal rodoviário geralmente é formado por cinco determinantes, sendo elas, frete-peso, frete-valor, gerenciamento de risco, pedágios e taxas.

Os problemas de mobilidade e distribuição de produtos nas áreas urbanas das grandes cidades estão fazendo com que a logística se destaque como prioridade e que desenvolva novos conceitos para superar problemas pré-existentes nas grandes metrópoles como infraestrutura precária, congestionamentos, poluição, desgaste viário e risco de acidentes. Nesta lógica, cada vez mais as empresas vêm buscando melhorias em seus processos, contando com investimento em softwares aplicativos que planejam, programam e controlam as atividades de distribuição.

O fluxo logístico é composto por um emaranhado de processos e decisões que geram custos e determinam o nível do serviço prestado, que por fim se materializam na competitividade e nas receitas das vendas de uma determinada organização. Portanto, uma logística eficiente é vital para otimizar os custos e garantir a satisfação das exigências do cliente.

Logo, surgiu a necessidade do desenvolvimento de um aplicativo que promova uma gama de informações estratégicas indicando o menor custo logísticos de transporte por meio de um sistema de roteirização que busca a menor distância entre os pontos de entrega e evite passar pelos centros urbanos por mais de uma vez, além de alertar sobre a existência de pedágios. Sob estes processos, o aplicativo colabora com a redução do tempo e do combustível utilizado na distribuição dos bens. Outro fator importante, é que por sabermos da alta saturação e competição da malha viária entre os veículos comerciais, particulares e de transportes públicos, fatores estes dos grandes congestionamentos, o aplicativo traça rotas alternativas que evitem que o transporte passe pelas mesmas localidades urbanas por mais de uma vez.

Portanto, com um viés completamente estratégico e pela promoção de decisões assertivas no que tange a definição dos caminhos mais viáveis (ou seja, aqueles que trazem menor custo e maior vantagem) para a entrega dos bens produzidos aos seus clientes, foi desenvolvido uma ferramenta tecnológica totalmente aplicável as necessidades organizacionais.

5. O ALGORITMO E A SUA LÓGICA: RELATÓRIO DE IMPLEMENTAÇÃO

A necessidade de elaborar algoritmos e soluções computacionais que exigem muitos cálculos e precisão é, a cada dia, mais importante para as ciências, para os nossos cotidianos e cotidianos das empresas. Em particular, nesta seção descrevemos uma estratégia computacional para a resolução de um problema muito difundido e que tem aplicação imediata nas empresas que necessitam entregar seus produtos em mais de um ponto e, mais do que isso, com o menor custo possível. Este problema, conhecido nas ciências como o “Problema do Caixeiro Viajante”, consiste na busca do menor caminho começando numa cidade qualquer, entre várias, visitando cada cidade apenas uma vez e regressando à cidade inicial.

Existem duas estratégias principais para lidar com este problema: a primeira, com elevado custo computacional (CORMEN et al, 2002), é a busca pela solução exata para o problema. A segunda, baseia-se na utilização de um algoritmo que seja capaz de encontrar uma solução aproximada para a o problema em menor tempo (menor quantidade de operações).

Dada a natureza do problema que se espera resolver, é de suma importância que a solução obtida seja exata, neste sentido, segundo Cormen et al (2002), uma entre três estratégias são comumente utilizadas: Busca exaustiva (força bruta); Backtracking ou Branch-and-Bound.

Como a solução através de força bruta não é vantajosa e pode levar a uma quantidade de operações elevado (CORMEN et al,2002), buscou-se, neste trabalho, desenvolver algoritmos para analisar o desempenho das outras duas estratégias.

5.1. BACKTRACKING

A estratégia deste algoritmo é encontrar soluções adicionando uma por uma dos componentes necessários para a resolução do problema (no caso pontos de entrega) e avaliar as soluções parcialmente construídas. O principal critério para avaliação das soluções parciais refere-se à violação, ou não, das restrições do problema. No problema proposto neste estudo a única maneira do desenvolvimento não ter continuidade é quando, escolhido um ponto de entrega, ele não possui caminhos para os pontos de entrega que ainda não foram visitados. Caso não haja opção viável para continuar a resolução do problema o algoritmo “recua”/”retrocede (backtrack) para trocar o último componente.

O entendimento da estratégia proposta em algoritmos de backtracking pode ser melhor visualizada quando se associa o seu processamento à construção de uma árvore com as escolhas feitas e, no pior caso, o algoritmo backtracking terá que gerar todos os candidatos

possíveis (ramos). Por outro lado, espera-se que o algoritmo backtracking seja capaz de fazer escolhas evitando o cálculo de todas as soluções possíveis. Estas escolhas são chamadas de “podas.”

Para o desenvolvimento deste trabalho optou-se pelo desenvolvimento de um algoritmo backtracking com os seguintes passos:

Passo 1: Enquanto possível construa um caminho;

Passo 2: Dentre os caminhos possíveis escolha o de menor comprimento;

Passo 3: Imprima as cidades que devem ser visitadas para que o menor caminho seja percorrido.

Caso a solução seja composta por mais de um caminho ambos os caminhos serão exibidos. Ainda, o sucesso desta estratégia varia bastante de problema a problema e para diferentes instâncias de um mesmo problema. E, no pior caso, mesmo que o backtracking não elimine nenhum elemento possível, pelo menos ele fornece uma maneira de gerar todos os elementos.

5.2. BRANCH-AND-BOUND

A ideia por trás desta estratégia de solução relaciona-se à comparação de cada um dos resultados parciais com um valor viável limitante. Este limite pode ser superior ou inferior e, este, será o critério utilizado com o poda. Ou seja, os cálculos de uma instância do problema só serão continuados caso o valor obtido até um determinado passo, ou seja, o comprimento calculado, for menor que o resultado viável encontrado até o momento.

Em uma instância que foi resolvida sem interrupções e com valor menor que o calculado anteriormente é feita uma comparação entre o valor encontrado e o valor utilizado anteriormente para comparação. Se o novo valor for menor que o anterior os valores são trocados.

No problema proposto neste estudo um limite superior é um caminho que passa por todas os pontos de venda e retorna para o ponto de origem. O cálculo do limite superior é realizado através de uma estratégia gulosa (CORMEN et al, 2002) onde os caminhos entre os pontos de venda são percorridos e a escolha para o próximo destino é baseado apenas no menor caminho entre os pontos de venda que ainda não foram visitados. Apesar desta estratégia ter uma solução viável não se pode afirmar que ela será a ótima, a com menor comprimento.

Tabela 2: Distância entre cinco cidades

	A	B	C	D	E
A	0	12	14	15	56
B	12	0	17	18	19
C	14	17	0	20	21
D	15	18	20	0	22
E	56	19	21	22	0

A diferença entre a escolha ótima e a viável é apresentada ao se tentar, partindo da cidade A (tabela 1) passar pelas cidades B, C, D e E e retornar à cidade A. A estratégia gulosa busca apenas os menores caminhos, logo serão percorridas as cidades A – B – C – D – E – A o que nos leva a um custo (comprimento) total igual a 127, que não é o menor possível. Por exemplo, o trajeto A – B – D – E – C – A comprimento igual a 87.

A estratégia branch-and-bound utilizada baseia-se nos seguintes passos:

Passo 1: Encontre um limitante superior viável de forma gulosa;

Passo 2: Enquanto o caminho for menor que o limitante construa o caminho;

Passo 3: Se o valor obtido no caminho encontrado for menor que o limitante superior seu comprimento passa a ser o novo limitante;

Passo 4: Imprima as cidades que devem ser visitadas para que o menor caminho seja percorrido.

Observe que este algoritmo converge para o ótimo e que o tempo para encontrar o melhor caminho está diretamente relacionado com o limitante superior. Se os comprimentos de todos os caminhos forem muito próximos (ou iguais) a solução desenvolvida terá que resolver todas as instâncias do problema.

6. A EMPRESA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A empresa objeto desta pesquisa é uma empresa 100% brasileira, foi fundada em 2011, está localizada no município de Niterói, no estado do Rio de Janeiro. É uma empresa do setor industrial especializada na fabricação de um novo conceito de sorvete expresso com capacidade instalada para a produção de 400 Litros/h. Além de produzir, a empresa é responsável pela distribuição/entrega dos produtos em todos os pontos de venda (PDV) localizados na maioria dos municípios do estado do Rio de Janeiro, ou seja, estabeleceu uma logística própria para a distribuição dos seus produtos em seu raio de atuação.

A entrega dos produtos é feita três vezes na semana, conforme a demanda dos pedidos dos dias anteriores. Todos os produtos são deslocados por veículos próprios da empresa que atualmente conta com uma frota de três caminhões, sendo dois frigoríficos e um baú.

A visita técnica revelou que os responsáveis por determinar o melhor trajeto possível variam conforme o tamanho da empresa objeto deste estudo. Sendo assim, esta função pode ser executada tanto pelo setor de logística da organização como também pode ser realizada pelo próprio motorista responsável pelo transporte, com a permissão da sua diretoria.

6.1. O SOFTWARE, A DEFINIÇÃO DAS ROTAS E A COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS

A empresa deste estudo não conta com softwares desenvolvidos para auxiliar na definição da rota ideal (com menor custo possível) para a entrega de seus produtos e, por isso, toda a análise do processo de distribuição/entrega dos produtos depende de profissionais qualificados ou com experiência no ramo. Neste caso, o motorista que atende à pesquisa possui 8 (oito) anos de experiência com transporte de cargas, sendo 3 (três) deles na empresa analisada.

A gestão da distribuição de produtos aos diversos clientes presentes no Estado, por meio de rotas mais viáveis com custos ótimos e manutenção da qualidade, é o grande desafio

da empresa, e o algoritmo tem por objetivo impactar positivamente o processo contínuo de aprimoramento das rotas, reduzindo os custos e trazendo um maior diferencial competitivo.

Para determinar a exata contribuição que um software deste tipo é capaz de oferecer para esta tarefa, foi solicitado que o motorista determinasse o melhor trajeto, dadas duas possibilidades de roteiros. Para tanto ele deveria considerar em sua análise as ocorrências de pedágios e possíveis más condições de tráfego. Tais roteiros estão de acordo com a realidade do cotidiano daquele funcionário e constituem-se, portanto, das seguintes localidades:

Roteiro 1: Itaboraí, Centro de Maricá, Cachoeiras de Macacu, Nova Friburgo e Saquarema.

Roteiro 2: Centro/RJ, Jacarepaguá/RJ, Belford Roxo, Duque de Caxias e Alcântara/SG.

Considerando-se que a empresa está localizada em Itaipu/Niterói, o funcionário apresentou os seguintes trajetos como resposta:

Quadro 1: Trajetos obtidos na pesquisa com o motorista da empresa.

<u>Trajetos 1</u>	<u>Trajetos 2</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Itaipu/Niterói – Centro/Maricá 2. Centro/Maricá – Saquarema 3. Saquarema – Itaboraí 4. Itaboraí – Cachoeiras de Macacu 5. Cachoeiras de Macacu – Nova Friburgo 6. Nova Friburgo – Itaipu/Niterói <p>Ocorrências de pedágio: 2 Nenhuma previsão de má condição de tráfego.</p> <p>Distância total percorrida: 351 Km</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Itaipu/Niterói – Alcântara/SG 2. Alcântara/SG – Centro/RJ 3. Centro/RJ – Duque de Caxias 4. Duque de Caxias – Belford Roxo 5. Belford Roxo – Jacarepagua/RJ 6. Jacarepagua/RJ – Itaipu/Niterói <p>Ocorrências de pedágio: 1 Previsão de má condição de tráfego no trecho: Alcântara/SG – Centro/RJ</p> <p>Distância total percorrida: 195 Km</p>

Com estes dados em mãos, o segundo passo foi determinar o melhor trajeto, utilizando-se o algoritmo desenvolvido. Considerando as mesmas localidades e condições apresentadas anteriormente ao funcionário, obtiveram-se os seguintes resultados:

Quadro 2: Trajetos obtidos com o algoritmo.

<u>Trajetos 1</u>	<u>Trajetos 2</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Itaipu/Niterói – Itaboraí 2. Itaboraí – Nova Friburgo 3. Nova Friburgo – Cachoeiras de Macacu 4. Cachoeiras de Macacu – Saquarema 5. Saquarema – Centro/Maricá 6. Centro/Maricá – Itaipu/Niterói <p>Ocorrências de pedágio: 2 Nenhuma previsão de má condição de tráfego.</p> <p>Distância total percorrida: 333 Km</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Itaipu/Niterói – Duque de Caxias 2. Duque de Caxias – Belford Roxo 3. Belford Roxo – Jacarepagua/RJ 4. Jacarepagua/RJ – Centro/RJ 5. Centro/RJ – Alcântara/SG 6. Alcântara/SG – Itaipu/Niterói <p>Ocorrências de pedágio: 1 Previsão de má condição de tráfego no trecho: Centro/RJ – Alcântara/SG</p> <p>Distância total percorrida: 193 Km</p>

Quadro 3: Comparativo entre os resultados obtidos.

Roteiro 1 (Km)		Roteiro 2 (Km)	
Motorista	351	Motorista	195
Algoritmo	333	Algoritmo	193
Diferença	18 (5%)	Diferença	2 (1%)

Como é possível observar no Quadro 3, os resultados obtidos através do algoritmo são trajetos sensivelmente mais eficientes em comparação aos resultados baseados na experiência do profissional de transporte. A tecnologia da informação contribuiu para a otimização da logística de distribuição, garantindo uma economia do Km rodado equivalente a 5% no trajeto 1 e uma redução de 1% no trajeto 2. Isso demonstra de maneira contundente o benefício proporcionado pela ferramenta computacional na determinação de trajetos ótimos entre um número determinado de pontos, contribuindo, desta forma, com a redução dos custos relacionados à logística de distribuição e entrega de produtos da empresa analisada.

6.2. PRATICAS E RESULTADOS FINANCEIROS

A seguir serão apresentados os resultados de algumas ações realizadas neste estudo. Realizamos práticas diretas, com o uso do algoritmo, objetivando a redução do custo atribuídos a logística através de práticas consolidadas como assertivas, adaptados à realidade atual da organização, e conseguimos resultados expressivos evidenciados nas descrições, gráficos e tabelas expostos abaixo.

Na Tabela 3 estão expressos a roteirização realizada pela organização no mês de Janeiro de 2013 sem a aplicação do algoritmo com a quilometragem realizada na execução do percurso. Observe:

Tabela 3: Roteirização de Janeiro de 2013 sem aplicação do Algoritmo

Mês	Período	Identificação da Rota	Rota	KM Rodada
Jan	De 5 à 11	1	Rio e Niterói	85
		2	Friburgo, Niterói, e SG	284
		3	Maricá, Saquarema e SG	165
	De 12 à 18	4	Niterói, Maricá e SG	100
		5	SG e Niterói	54
		6	Nova Iguaçu, Rio e Niterói	136
	De 19 à 25	7	Niterói, SG e Rio	107
		8	São Pedro, Saquarema, Rio das Ostras, Niterói	403
		9	Niterói, Maricá e SG	120
	De 26 à 31	10	Niterói, SG e Rio	42
		11	São Pedro, Niterói e SG	271

Fonte: Autor (Base documental: Pedidos e registros manuais de definição de rotas)

Nota-se que a organização manteve o padrão de três eventos de entrega semanal (atendendo a demanda gerada pela equipe de venda dos dias anteriores ao evento), além de ser evidenciado o método arbitrário para a definição da rota para a entrega dos produtos.

Observe na Tabela 4 os custos atribuídos de maneira direta aos processos de entrega e a relação custo por quilometragem.

Tabela 4: Custos atribuídos de maneira direta aos processos de entrega.

Roteirização Utilizada sem Utilização do Algoritmo					
Mês	Período	Gastos com a Combustíveis		Outros Gastos (Manutenção, impostos, etc)	
		Gasto com Combustível	Gasto / KM Rodado	Outros Gastos (Manutenção, Impostos, etc)	Gasto / KM Rodado
Jan	De 5 à 11	R\$ 2.983,80	R\$ 5,59	R\$ 540,00	R\$ 1,01
	De 12 à 18	R\$ 2.417,16	R\$ 8,34	R\$ 430,00	R\$ 1,48
	De 19 à 25	R\$ 2.632,50	R\$ 4,18	R\$ 480,00	R\$ 0,76
	De 26 à 31	R\$ 780,00	R\$ 2,49	R\$ 473,00	R\$ 1,51

Fonte: Autores (Base documental: Pedidos e registros manuais de definição de rotas)

Após a identificação dos custos atribuídos aos processos de entrega e da rota com a respectiva quilometragem executada pela empresa no mês de Janeiro de 2013, aplicamos o algoritmo sobre a mesma demanda, ou seja, aplicamos o algoritmo para a definição da roteirização ótima para atendimento da mesma necessidade de entrega dos produtos produzidos para os mesmos clientes da empresa estudada. Após a aplicação do algoritmo analisamos os resultados.

Observe abaixo, na Tabela 5, a roteirização com a respectiva quilometragem resultante da aplicação do algoritmo após a inclusão da necessidade de entrega:

Tabela 5: Roteirização indicado pelo algoritmo.

Mês	Período	Identificação da Rota	Rota (com algoritmo)	KM Rodada
Jan	De 5 à 11	1	Rio e Niterói	85
		2	Friburgo, SG e Niterói	274
		3	Maricá, Saquarema e SG	165
	De 12 à 18	4	Niterói, SG e Maricá	96
		5	SG e Niterói	54
		6	Nova Iguaçu*, Rio e Niterói	136
	De 19 à 25	7	Niterói, Rio e SG	93
		8	São Pedro, Búzios, Saquarema e Niterói	311
		9	Niterói, SG e Maricá	96
	De 26 à 31	10	Niterói	42
		11	São Pedro, SG e Niterói	261

Fonte: Autores

Observe na Tabela 6 o percentual de redução entre a quilometragem realizada pela empresa e a quilometragem resultante da rota idealizada pelo algoritmo.

Tabela 6: Percentual de Redução entre a Quilometragem realizada e a quilometragem apontada pelo algoritmo

Percentual de Redução				
Identificação da Rota	KM Rodada (sem aplicação do algoritmo)	KM com a aplicação do Algoritmo	Percentual de Redução	Percentual Acumulado de Redução
1	85	85	0%	0%
2	284	274	4%	4%
3	165	165	0%	4%
4	100	96	4%	8%
5	54	54	0%	8%
6	136	136	0%	8%
7	107	93	13%	13%
8	403	311	23%	43%
9	120	96	20%	63%
10	42	42	0%	63%
11	271	261	4%	67%

Fonte: Autores

A redução total da quilometragem após a aplicação do algoritmo equivale a 9% do percurso realizado pela empresa, ou seja, a organização reduziria significativamente os gastos atribuídos de maneira direta e indireta aos processos logísticos relacionados as atividades de entrega.

Perceba que para efeito deste estudo, a aplicação do algoritmo para a definição da rota ideal para a entrega dos produtos da empresa trouxe grandes resultados e a redução dos custos atribuídos aos processos logísticos são significativos.

7. CONCLUSÕES

Empresas que se dedicam à produção e entrega de apenas um produto produzido com uma pequena quantidade de matérias-primas existia há muito tempo atrás. Hoje, as empresas dedicam seus esforços à produção e entrega de uma enorme quantidade de produtos que exigem uma enorme lista de matérias-primas, negociação com vários fornecedores, transportadoras, instituições financeiras, clientes espalhados por todo o país e exterior, entre outras atividades que exigem uma “atenção especial” dos gestores.

Percebe-se, facilmente, que o atendimento a esta "nova" demanda só é possível com a utilização de um enorme aparato tecnológico. Computadores, impressoras, internet, scanners, redes etc. Desde funções rotineiras, como a elaboração de relatórios, apresentações, planilhas e e-mails, até atividades complexas, como a criação de portais para venda de produtos ou divulgação de serviços exigem, dos administradores e das organizações onde atuam, mais do que (re)conhecimentos de informática.

Esta nova demanda leva a um outro problema: a própria informatização das empresas propicia um aumento significativo na complexidade das atividades dentro das empresas. Mais do que apenas conhecimentos, os administradores, principalmente os profissionais que atuam diretamente com a área de logística, devem reconhecer as principais ferramentas disponíveis e casos de uso.

Neste sentido, este estudo e a ferramenta desenvolvida representam ganhos consideráveis para as empresas no que tange à escolha de melhores rotas através de uma ferramenta extremamente simples e de uso muito simplificado.

Observa-se, através dos resultados do estudo, que a redução dos custos com os processos logísticos é possível através da utilização de um software capaz de fornecer a rota ótima (aquela que consome a menor quantidade possível de recursos para a sua execução) para a entrega dos produtos produzidos pela empresa a seus clientes.

Por fim, confirmou-se que a redução do custo é possível através da utilização assertiva de ferramentas tecnológicas e eficiência na gestão empresarial. É possível a redução de custos de maneira expressiva, o que eleva a capacidade da organização de obter resultados significativos frente aos desafios da modernidade.

8. REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. São Paulo: Bookman, 2005.

BARAT, Josef. Logística, Transporte e Desenvolvimento Econômico: A visão Histórica- Vol. 1. Editora: CLA, 2008.

ABPMP. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio - Corpo Comum de Conhecimento - (BPM CBOOK®). Versão 3.0. 2013.

CARVALHO, José Meixa Crespo de. Logística. 3. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2002.

CHRISTOPHER, Martin. O marketing da logística. São Paulo: Futura, 1999.

Council of Supply Chain Management Professionals

COPACINO, William C. Supply Chain Management: The basics and Beyond. APICS Series on Resource Management, USA: The Lucies Press. 1997.

Cormen T. H., Leiserson C. E. e Rivest R. L., Algoritmos - Teoria e Prática, Editora Campus, 2002.