

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE GESTÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

PATRÍCIA SALES DO NASCIMENTO

**OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA PARA ROTEIRIZAÇÃO DE COLETA E
ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS E PEQUENAS ENCOMENDAS
ATRAVÉS DA SOLUÇÃO HEURÍSTICA DO PROBLEMA DO CAIXEIRO
VIAJANTE (PCV): O CASO DA *AR EXPRESS*.**

CARUARU

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE GESTÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

PATRÍCIA SALES DO NASCIMENTO

**OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA PARA ROTEIRIZAÇÃO DE COLETA E
ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS E PEQUENAS ENCOMENDAS
ATRAVÉS DA SOLUÇÃO HEURÍSTICA DO PROBLEMA DO CAIXEIRO
VIAJANTE (PCV): O CASO DA *AR EXPRESS*.**

Trabalho apresentado à Coordenação do Curso de Administração do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – como requisito para aprovação a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Antônio César Cardim Brito.

CARUARU

2013

Catálogo na fonte
Bibliotecária Simone Xavier CRB4 - 1242

N244o Nascimento, Patrícia Sales do
Otimização logística para roteirização de coleta e entrega de correspondências e pequenas encomendas através da solução heurística do problema do caixeiro viajante (PCV): o caso da AR Express. / Patrícia Sales do Nascimento. - Caruaru: O Autor, 2013.
54f.; il.; 30 cm.

Orientador: Antônio Cesar Cardim Britto
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA. Administração, 2013.
Inclui referências bibliográficas

1. Logística. 2. Entrega de mercadorias. 3. Softwares. I. Britto, Antônio Cesar Cardim. (Orientador). II. Título.

658 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2013-71)

PATRÍCIA SALES DO NASCIMENTO

**OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA PARA ROTEIRIZAÇÃO DE COLETA E
ENTREGA DE CORRESPONDÊNCIAS E PEQUENAS ENCOMENDAS
ATRAVÉS DA SOLUÇÃO HEURÍSTICA DO PROBLEMA DO CAIXEIRO
VIAJANTE (PCV): O CASO DA *AR EXPRESS*.**

Este trabalho foi julgado adequado e aprovado para a obtenção do título de
Graduação em Administração da Universidade Federal de Pernambuco – Centro
Acadêmico do Agreste.

Caruaru, 02 de outubro de 2013.

Prof. Dr. Cláudio José Montenegro de Albuquerque
Coordenador do Curso de Administração

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antônio César Cardim Britto
Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste
Orientador

Prof. Msc. Mario Rodrigues dos Anjos Neto
Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste
Banca

Prof. Dra. Joyce Lene Cajueiro
Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste
Banca

Poderia listar uma gama de nomes importantes e essenciais na minha vida universitária, mas, não farei isto para não correr o risco de deixar de citar alguém. Porém, faço questão de citar o nome de um amigo que se tornou impar no início de minha vida acadêmica na cidade de Patos-PB no ano de 2005, é Hermes Augustos, a você dedico o trabalho final de uma etapa que se iniciou com seu auxílio despretensioso, amparador e amigo, a ti meu “muito obrigada”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Pai Celeste que sempre se fez presente em minha vida me dando o amparo e o discernimento necessários a minha evolução nessa caminhada que se apresenta com as mais variadas situações no campo amoroso, financeiro e social que nos lapidam levando-nos ao caminho da perfeição e da felicidade.

A minha mãe Edite Aleixo Sales, sertaneja semianalfabeta, viúva que com sua simplicidade e pouca instrução compreendeu e fez prioridade na vida dos filhos o estudo e assim conduziu até o momento dois dos cinco filhos a universidade. A você minha querida toda minha admiração e respeito.

A meus irmãos: Juberlito Sales, Poliana Sales, Rubênia Sales, Gleiciane Sales que ficavam todos na torcida e recebiam-me com todo carinho e atenção quando regressava ao lar nos recessos dos estudos.

A todos os colegas e amigos feitos no ambiente de trabalho do Shopping Difusora, aos amigos conquistados nesses anos de estudo no ambiente acadêmico, em especial Gisele Silva, aos professores e toda a comunidade acadêmica UFPB Bananeiras - PB e UFPE Caruaru - PE.

Por fim, entre as pessoas a agradecer no campus UFPE Caruaru –PE, não posso deixar de registrar a admiração e agradecimento especial ao meu orientador, o Prof. Cesar Cardim, que desde o primeiro dia no Campus é figura marcante e, agora nessa reta final de forma precisa, soube conduzir essa pesquisa, disponibilizando-me textos, literatura especializada, revisando o trabalho escrito, sugerindo abordagens conceituais factíveis de serem concluídas a tempo, não medindo esforços, mesmo em um exíguo tempo para conclusão desse trabalho.

“Quando você conseguir superar graves problemas de relacionamentos, não se detenha na lembrança dos momentos difíceis, mas na alegria de haver atravessado mais essa prova em sua vida. (...) Leve na sua memória, para o resto da vida, as coisas boas que surgiram na dificuldade (...).”

Chico Xavier

RESUMO

A comunicação das empresas com seus stakeholders nem sempre são supridas com os meios que a tecnologia nos proporciona como: e-mail's, telefones e skypes. Existem correspondências e produtos que precisam ser entregues e recebidos cotidianamente, no entanto, essas necessidades nem sempre são atendidas pela Empresa de Correios e Telégrafos. No obstante, este trabalho visou o desenvolvimento de uma solução de roteirização por meio do método heurístico do Problema do Caixeiro Viajante (PVC), objetivando minimizar as rotas e custos de coleta e entrega de correspondências e/ou pequenas encomendas de um setor específico de uma pequena empresa prestadora de serviços de internet que faz a entrega de coleta e entrega de correspondências e pequenas encomendas do município de Caruaru-PE. Além de propor um modelo que otimizasse a relação tempo e custo, este trabalho procurou analisar como se dá o planejamento de roteiros para entregas das empresas e autônomos que trabalham entregando pequenos produtos e correspondências no citado município. Inicialmente, utilizou-se de um levantamento bibliográfico a respeito do assunto em epígrafe, bem como se identificou os softwares de roteirização já tão comum no mercado brasileiro para ao auxílio nas decisões de roteiros. Trata-se de um trabalho realizado através da estratégia de um estudo de caso, na empresa *Ar Express*, situada no município de Caruaru - PE. Os resultados apontaram que o melhor modelo a ser aplicado visando à solução dos problemas de roteirização de veículos, é o Modelo de Pontos de Origem e Destinos Coincidentes, onde a rota seria traçada de tal modo que os caminhos não se cruzassem, buscando maximizar o PCV, de forma heurística, via manutenção de um roteiro em formato de lágrima. Para tal utilizou-se como suporte o Google Maps, não sendo necessário o uso de softwares sofisticados que são comercializados no mercado, porque a atividade não tem a abrangência que justifique o alto investimento com este recurso. Pode-se afirmar que a solução proposta facilitou o trabalho do operador logístico evitando retrabalhos, diminuindo os tempos de entregas e os custos operacionais.

Palavras-chaves: roteirização, operador logístico, softwares de roteirização, entregas de encomendas.

ABSTRACT

The business communication with its stakeholders are not always supplied with the means that technology offers us as: e-mails, phones and Skype's. There are correspondences and products that need to be delivered and received daily, however, these requirements are not always met by the Post and Telegraph Company. In spite of this work was to develop a solution for routing through the heuristic method of Traveling Salesman Problem (CVP), aiming at minimizing the routes and costs for collection and delivery of mail and / or small orders of a specific sector of a small company providing internet services that make the delivery of collection and mail delivery and small orders at Caruaru - PE. Besides proposing a model that the relationship otimizasse time and cost, this study sought to analyze how is the planning delivery routes for companies and freelancers who work delivering small goods and correspondence in that municipality. Initially, it was used to survey the literature on the subject the titled and identified the routing software already so common in the Brazilian market to aid in decisions of scripts. It is a job performed by the strategy of a case study, the company Air Express, located in the municipality of Caruaru - PE. The results showed that the best model to be applied in order to solve the problems of vehicle routing is the model points of origin and destinations Coincident where the route would be drawn so that the paths not to cross in order to maximize the PCV, heuristically, by maintaining a roadmap teardrop-shaped. For this purpose it was used as a support Google Maps, it is not necessary to use sophisticated software that are traded in the market, because the activity does not have the scope to justify the high investment with this feature. It can be stated that the proposed solution facilitated the work of the logistics operator avoiding rework, decreasing delays deliveries and operating costs.

Keywords: routing, logistics operator, routing software, parcel deliveries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – O caminho Hamiltoniano em um dodecaedro.....	24
Figura 2.2 – Caminho Hamiltoniano (vermelho).....	24
Figura 2.3 – Caminho Hamiltoniano (preto) sob o grafo Hamiltoniano (azul).....	25
Figura 2.4 – Método da varredura	31
Figura 2.5 – Entregas separadas.....	32
Figura 2.6 – Entregas combinadas.....	32
Figura 3.1 – Exemplo de bons e ruins roteiros.....	41
Figura 4.1 – Sequência de logradouros	42
Figura 4.2 – Roteiro de entregas realizadas (A; I)	43
Figura 4.3 – Esquema de entregas realizadas (A; I).....	43
Figura 5.1 – Sequência de logradouros sugerida.....	45
Figura 5.2 – Roteiro de entrega sugerida (A; I).....	46
Figura 5.3 – Esquema de entrega sugerida (A; I).....	47
Figura 5.4 – Diferença das sequências de logradouros.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS OU SÍMBOLOS

MEI – Microempreendedor Individual

PCV - Problema do Caxeiro Viajante

CD - Centro de Distribuição

PRV - Problema de Roteirização de Veículos

PCVS - Problema do Caxeiro Viajante Simétrico

PCVS - Problema do Caxeiro Viajante Assimétrico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.2.1 Justificativa teórica	15
1.2.2 Justificativa prática.....	16
1.3 Pergunta de pesquisa	17
1.4 Caracterização da empresa	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Logística	18
2.2 Transporte	19
2.3 Roteirização	20
2.4 Rota de viagem	21
2.5 Problemas de roteirização de veículos (PRV)	22
2.5.1 PCV – Problema clássico de roteirização.....	23
2.6 Modelos para solução do PCV	26
2.6.1 Métodos Heurísticos para solução do PCV	30
• Método da varredura:.....	30
• O método das economias ou método Clarke-Wright	31
2.7 Processamentos de pedidos	34
2.8 Terceirizações de serviços de entrega	36
2.9 Softwares de roteamento	37
TransCAD.....	38
ROTAcerta.....	38
RoadShow	39
2.9.1 Google Maps	39
3. METODOLOGIA	40
4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO	42
5. MODELO PROPOSTO	45
6. CONCLUSÃO	49
6.2 Sugestões para estudos futuros	50

7. BIBLIOGRAFIA.....	51
-----------------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

O interesse em aplicar modelos de roteirização para solução de problemas reais, tem se tornado crescente nos últimos anos, tanto no âmbito internacional, como no nacional, regional e local.

Nesse aspecto Novaes (2001) considera que com a globalização os prestadores de serviços logísticos estão enfrentando problemas sérios de distribuição nos grandes centros urbanos. Além do aumento das novas formas de comércio, outros dois fenômenos aumentam os problemas de distribuição nas grandes cidades como o aumento da concentração urbana e o aumento do número de veículos nos grandes centros. Ao mesmo tempo em que os grandes centros urbanos do país têm altas densidades demográficas, os dados mostram que a frota de veículos tem aumentado significativamente na última década, o que vem aumentando os problemas de tráfego.

Para Ballou (2006), o transporte é uma área fundamental de decisões dentro da logística, pois, com exceção dos produtos adquiridos, esta atividade é a que absorve a maior percentagem dos custos logísticos totais, normalmente entre um e dois terços. Por este motivo, torna-se fundamental para as empresas encontrarem mecanismos para reduzir ao máximo seus custos de transporte.

Essa constatação perpassa pela exigência dos clientes, no tocante aos prazos, datas e horário de atendimento. Observa-se também, uma crescente demanda por softwares relacionados à questão de roteirização, principalmente àquelas voltadas à solução de problemas de trânsito dos centros urbanos, necessidade de redução de estoque, resultando inexoravelmente na maximização dos problemas de entrega. (CUNHA, 2000)

O roteamento, também conhecido como roteirização, originando-se do inglês “routing” que significa segundo CUNHA (2000), o processo de determinação de um ou mais roteiros sequenciais de paradas a serem realizados por veículos de uma frota, com o intuito de visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, buscando minimizar os custos e tempo, otimizando o atendimento (LAPORTE, et al 2000).

Ainda conforme LAPORTE (1992), a roteirização de veículo desempenha um papel central no âmbito da distribuição física e da logística, e pode ser definido como o problema do planejamento ótimo de entregas ou rotas de coleta de um ou vários depósitos, para uma série de cidades ou clientes, geograficamente dispersos, sujeitos a restrições adicionais.

Com base nos levantamentos bibliográficos sobre o tema roteirização, esse trabalho tem como foco de estudo um roteiro realizado pela empresa AR Express para o setor de telecomunicação de uma empresa localizada em Caruaru-PE. A AR Express é uma MEI (Microempreendedor Individual) que faz entregas de correspondências e pequenas encomendas numa moto para diferentes empresas. Para o levantamento dos dados foi realizado a observação em campo, acompanhando e fazendo anotações do trajeto realizado pelo operador logístico, em seguida faremos as análises e sugestivas sobre o roteiro acompanhado.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma roteirização que minimize os custo e o percurso de coleta e entrega de correspondências e/ou pequenas encomendas em Caruaru – PE.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Aplicar o método heurístico do Caxeiro viajante;
2. Descrever o processo de roteirização empregado pela AR Express;
3. Identificar e analisar os pontos fortes e fracos da AR Express quanto à roteirização;
4. Propor soluções gerenciais a AR Express.

1.2 JUSTIFICATIVA

1.2.1 Justificativa teórica

Segundo Assad (1984) a roteirização de veículos tem sido uma atividade implementada com grande sucesso no campo da pesquisa operacional, principalmente nas últimas décadas. Trata-se de um estudo que vem se desenvolvendo, com o auxílio da matemática e heurística, na busca de resultados próximos do ótimo, ou da realidade.

A determinação dos melhores roteiros para os veículos, a fim de minimizar os tempos de viagem e distâncias percorridas, gera importantes benefícios para empresas em qualquer ramo de atividade, em termos de redução de custos e melhoria no nível de serviço ao cliente (MIURA, 2003).

A respeito disto Ballou (2010) afirma que há muito tempo os profissionais da área de vendas reconheceram que a distribuição física influencia no aumento da demanda, uma vez que a disponibilidade do produto, pronta entrega e atendimento certo dos pedidos são tipos de serviços que agradam o consumidor, sendo assim há esforços de promoções e distribuição.

Para atender essa necessidade do mercado a meta de uma boa gestão logística é sincronizar distribuição física com demanda pela redução das incertezas na análise das informações. A integração entre as instalações, o transporte, a manutenção de estoques e o sistema de comunicação utilizada determinam a velocidade no fluxo de informações. O objetivo é balancear os componentes logísticos, integrando as instalações, a transferência dos produtos e os estoques. (SILVA, 2003)

Para Ballou (2010), o entendimento da logística de unificar as atividades relacionadas ao andamento de produtos e serviços é um pensamento que se consolidou de forma natural. As atividades de transporte, estoques e comunicações iniciaram-se há muitos anos e nos dias de hoje, as empresas devem realizar essas atividades como uma parte fundamental de seus negócios, a fim de fornecerem a seus clientes, bens e serviços com boa qualidade.

1.2.2 Justificativa prática

O dia-a-dia das empresas torna necessários contatos que não são supridos através do correio eletrônico, telefones ou através do trabalho regular das empresas de correios, na cidade de Caruaru-PE não é diferente.

Há pequenos produtos e correspondências que precisam ir e vir rotineiramente e que não dá para esperar pelo tempo de realização das empresas especializadas neste setor. Por se tratar de uma atividade rotineira e geralmente necessidades de escritórios essas têm optado em contratar empresas ou autônomos que atendam a esses tempos específicos da sua empresa em relação aos stakeholders.

A essas empresas e autônomos que prestam esse tipo de serviço enfrentam o desafio de traçar o melhor roteiro para chegar ao destino final seja com encomendas de um ou mais clientes.

Não basta coletar os produtos ou correspondências e sair seguindo o fluxo do trânsito, pois corre o risco de passar um dos pontos e ser necessário voltar e, dessa maneira atrasam muito o restante do serviço.

Ao ingressar neste setor, o operador logístico assume responsabilidades consideráveis e têm que prestar contas dos produtos, atender os tempos impressados que algumas correspondências têm para serem entregues.

Neste tipo de serviço as respostas devem ser rápidas, são encomendas que muitas vezes precisam ser entregues em tempos mínimos, em um dia ou horas.

No município de Caruaru-PE esse tipo de serviço é sim, muito necessário e percebe-se que também é novo, deve ser por isso que os que estão neste setor trabalhem ainda, ao que parece, de maneira muito empírica por isso, a necessidade de fazer um trabalho científico que teoriza o assunto no intuito de ajudar nessa necessidade emergente.

1.3 Pergunta de pesquisa

Como otimizar o processo de roteirização visando à entrega de pequenas encomendas e correspondências da empresa AR Express localizada em Caruaru-PE?

1.4 Caracterização da empresa

A *AR Express* é uma empresa de entrega de pequenas encomendas e correspondências, estabelecida sob uma forma jurídica de uma MEI – Microempreendedor Individual. É um empreendimento jovem que ainda está se formando. Atua há dois anos no mercado com essa denominação. O empreendedor antes de tocar seu próprio negócio prestava serviço a uma empresa do mesmo ramo.

É um empreendimento que não tem sede própria, atualmente tendo como endereço jurídico, a residência do Micro Empreendedor.

Uma das empresas que a AR Express presta os seus serviços é o Shopping Difusora, especificamente para o setor de telecomunicação, que fica localizado no Bairro de Mauricio de Nassau, no município de Caruaru - PE.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Logística

“Logística empresarial é um campo relativamente novo do estudo da gestão integrada, das áreas tradicionais das finanças, marketing e produção (...). A novidade então deriva do conceito da gestão coordenada de atividades inter-relacionadas, em substituição à prática histórica de administrá-las separadamente, e do conceito de que a logística agrega valor a produtos e serviços essenciais para a satisfação do consumidor e o aumento das vendas. Embora a gestão coordenada da logística seja uma prática relativamente recente, a ideia da gestão coordenada pode ser localizada nos idos de 1844.” (BALLOU, 2006, p. 26).

Quanto a isso, Moura (2006) acredita que há uma conjunção de atividades que tornam a logística singular. Essas atividades se integram num processo interno e externo mantendo uma proximidade entre fornecedores, clientes, prestadores de serviços e demais, tudo isso, sob a responsabilidade de gestores logísticos. Esses dirigem diferentes elementos individualizáveis que garantem uma sintonia para o bom desempenho logístico. Para ele a logística tem importância crítica para a sobrevivência da humanidade, trazendo qualidade de vida, pois no mundo inteiro é atendido no tempo certo por produtos e serviços essenciais as pessoas e as organizações, tais como: máquinas, matérias-primas, alimentos, livros, medicamentos, roupa, etc..

Logística é uma maneira diferente de a empresa encarar a administração, é um avanço na maneira de pensar a administrativamente. Nos últimos cinquenta anos é um estudo que tem se consolidado como um ramo específico. Esse tema tem atraído muitos interessados, inclusive passou a ser considerado pelas empresas como ponto estratégico a ser discutido. As organizações tratam o assunto associado a um melhor desempenho na economia, produção e no social. (SIMONATO, 2011)

Para Bowersox et. al (2002) a logística existe para mover e posicionar o inventário na cadeia de suprimento. Ela agrega valor ao processo a partir do controle de tempo, posicionamento do inventário, é a gestão combinada de pedidos de uma empresa, do inventário, do transporte, do armazenamento, do manuseio e embalagem de materiais, enquanto procedimentos integrados em uma rede de instalações. A logística

sincroniza a cadeia de suprimentos geral enquanto um processo contínuo integrado-a e relacionando e, e é essencial para conectividade efetiva da cadeia de suprimentos.

“A logística começou por ser um termo militar designando algumas atividades de planejamento e operações militares. O abastecimento de exércitos deslocados é fundamental para a estratégia militar. Desde o tempo das legiões romanas que há registros de atividades militares especificamente relacionadas com o abastecimento de exércitos deslocados. Aliás, a atenção dada pelos generais romanos ao aprovisionamento é considerada, hoje em dia, uma das razões que explica o sucesso das legiões romanas á época. Só recentemente, em meados do século XX, se desenvolveu a logística empresarial, que no início foi uma cópia ou adaptação das técnicas já utilizadas e testada em contexto militar”. (COSTA ET. AL, p.9)

2.2 Transporte

Na relação Transporte e Serviço ao Cliente, o primeiro é extremamente influente no desempenho do segundo, devido às exigências de pontualidade do serviço, tempo de viagem, capacidade de prover um serviço porta a porta, à flexibilidade para o manuseio de vários tipos de cargas, gerenciamento dos riscos quanto a roubos, danos e avarias e à capacidade de o transportador oferecer mais que um serviço básico de transporte, tornando-se capaz de executar outras funções logísticas. (RIBEIRO; FERREIRA, 2002)

Conforme Alvarenga e Novaes (2000), precisamos de uma visão sistêmica para que possamos organizar um sistema de transporte, que envolve planejamento, mas para isso é preciso que se conheça: os fluxos nas diversas ligações da rede; o nível de serviço atual; o nível de serviço desejado; as características ou parâmetros sobre a carga; os tipos de equipamentos disponíveis e suas características (capacidade, fabricante etc.); e os sete princípios ou conhecimentos, referentes à aplicação do enfoque sistêmico.

O transporte é de tamanha importância na qualidade dos serviços de logística, 4,3% do faturamento tem relação direta com os serviços logísticos, isso acontece porque tem relação direta com o tempo de entrega, a confiança e a segurança do produto. Para se ter uma ideia, 64% dos custos logísticos em média refere – se ao transporte (FLEURY, 2003a).

Para Fleury (2003a), administrar o transporte significa tomar decisões sobre um amplo conjunto de aspectos. Essas decisões podem ser classificadas em dois grandes grupos, sendo, decisões estratégicas, que se caracterizam pelos impactos de longo prazo e se referem basicamente a aspectos estruturais, e decisões operacionais, que são geralmente de curto prazo e se referem às tarefas do dia-a-dia dos responsáveis pelo transporte.

2.3 Roteirização

A roteirização de veículos é uma das histórias de grande sucesso da pesquisa operacional, nas últimas décadas. Um estudo que vem se desenvolvendo cada vez mais em busca de resultados próximos do ótimo, ou da realidade. (ASSAD, 1984)

Sobre a roteirização Cunha (2000, p. 55) acrescenta que esse interesse é devido a dois fatores: a ênfase cada vez maior dada, em contexto logístico, aos problemas de roteirização e sua complexidade matemática. Pois é complexo determinar soluções ótimas para os problemas de Roteirização, desafiando a busca de cálculos mais eficientes.

Para Sanches (1998), a principal causa para este fato é de ordem econômica, uma vez que rotas eficientemente definidas podem proporcionar redução de custos, pelo aumento da produtividade e controle mais eficiente da operação de sistemas de transporte.

Problemas de roteirização ocorrem com bastante frequência na distribuição de produtos e serviços. Alguns exemplos são listados a seguir (NOVAES, 2004):

- Entrega, em domicílio, de produtos comprados nas lojas de varejo ou pela internet;
- Distribuição de bebidas em bares e restaurantes;
- Distribuição de dinheiro para caixas eletrônicos de bancos;
- Distribuição de combustíveis para postos de gasolina;
- Coleta de lixo urbano;

- Entrega domiciliar de correspondência;
- Distribuição de produtos dos Centros de Distribuição (CD) de atacadistas para lojas do varejo.

2.4 Rota de viagem

Conforme Chopra e Meindl (2003), no desenvolvimento de rotas e cronogramas dos veículos busca-se paralelamente minimizar os custos com a diminuição do número de transportes, a distância percorrida e a soma total dos tempos no trajeto, além da eliminação de falhas nos serviços que podem provocar atrasos nas entregas.

As abordagens heurísticas utilizam o “bom senso” no agrupamento ou técnicas de economia para desenvolver rotas pela adição e remoção de paradas de forma ordenada. As abordagens exatas ou de otimização usam programação (linear) matemática para identificar a melhor rota. Historicamente os métodos de solução por otimização têm sido muito complexos para processamento até mesmo nos computadores mais rápidos, mas os mais recentes avanços na programação matemática aperfeiçoaram suas capacidades. As principais dificuldades com a maioria dos procedimentos exatos são (1) o grande número de restrições e variáveis necessárias para representar até o mais básico problema de roteirização ou programação e (2) o impacto dessa dimensão no tempo de computação e no espaço de disco. (BOWERSOX ET. AL, 2006)

Em sintonia com a ideia de Bowersox sobre este assunto Ballou (2008) diz que embora se possam testar manualmente várias combinações de trechos viários, caso o problema envolva muitas rotas viáveis ou deva ser resolvido frequentemente, técnicas matemáticas programáveis em computadores podem ser bastante atrativas.

O problema de programação envolve (1) a determinação do número de veículos envolvidos, (2) suas capacidades, (3) os pontos de parada para coleta ou entrega em cada roteiro de um dado veículo e (4) a sequência das paradas para coleta ou

entrega. Um problema típico de roteirização, envolvendo muitas paradas e veículos, o total de roteiros possíveis é astronômico. Por isso, princípios operacionais que resultem em boas soluções podem ser muito úteis. Por exemplo, roteiros formando um desenho que lembre as pétalas de uma margarida (ou seja, onde roteiros adjacentes não se tocam e nenhuma das rotas tem caminhos que se cruzam) representam um roteamento ideal, no caso de o volume de carga em cada parada ser apenas pequena parte da capacidade do veículo. Bons roteiros geralmente podem ser conseguidos pela aplicação das seguintes regras (BALLOU, 2008):

1. Inicie o agrupamento pelo ponto (parada) mais distante do depósito;
2. Encontre o próximo ponto, tomando o ponto disponível que esteja mais perto do centro (centroide) dos pontos no grupo. Agregue esse ponto ao grupo (veículo), caso a capacidade do veículo não tenha sido excedida;
3. Repita o passo 2 até que a capacidade do veículo tenha sido atingida;
4. Sequencie as paradas de maneira a ter a forma de u gota d'água;
5. Encontre o próximo ponto, que é a parada mais distante do depósito ainda disponível, e repita os passos 2 a 4;
6. Continue até que todos os pontos tenham sido designados.

O método acima descrito pode coerentemente gerar bons roteiros, que usualmente rivalizam com os obtidos por métodos matemáticos e computacionais desse problema.

2.5 Problemas de roteirização de veículos (PRV)

Os problemas identificados na elaboração de roteiros envolvem vários aspectos, entre os quais podemos citar: o tempo, o espaço e a geografia, bem como as restrições de horários de atendimento nos pontos a serem visitados. Esses aspectos quando envolvem os veículos, estão relacionados a problemas roteirização e programação de veículos (CUNHA, 1997).

Com advento da estabilização da economia nas últimas duas décadas, em especial no Brasil, a aquisição de softwares para aplicação de modelos de roteirização para problemas reais, tornou-se uma necessidade irrefutável, pois o custo do modal transporte nas encomendas de pequeno ou grande porte passaram a representar um papel preponderante nos custos de produção e/ou comercialização das empresas, podendo definir uma posição estratégica da empresa no seu segmento de mercado (CUNHA, 1997).

2.5.1 PCV – Problema clássico de roteirização

Reinelt (1994) o PCV (Problema do Caxeiro Viajante) é o mais notável entre tantos problemas de otimização combinatória. O estudo do PCV é tema de pesquisadores de diferentes áreas, dos quais podemos citar: pesquisa operacional, matemática, física, biologia, inteligência artificial, entre outros. Percebemos isto porque nele encontra-se a grande parte das problemáticas que envolvem a otimização combinatória, como consequência ele tem sido usado como “*benchmark*” para avaliação de novos algoritmos e estratégias de soluções que envolvam buscas tabu, algoritmos genéticos, “*simulated annealing*”, redes neurais, entre outros.

O PCV surgiu depois da invenção de um jogo criado pelo matemático, irlandês, Sir. William Rowan Hamilton, por volta dos anos de 1800. O jogo trazia o desafio de traçar uma rota através dos vértices de um dodecaedro (vértices equivalem a cidades) que iniciasse e terminasse no mesmo vértice (cidade) sem, contudo, repetir uma visita. O Ciclo Hamiltoniano constitui uma solução para o jogo de Hamilton (GOLBARG E LUNA, 1999).

Um ciclo Hamiltoniano, circuito Hamiltoniano, passeio em vértices ou grafo ciclo é um ciclo que visita cada vértice exatamente uma vez, exceto o vértice que é tanto início como fim, e, portanto visitado duas vezes. Um grafo que contém esse ciclo Hamiltoniano é denominado de Grafo Hamiltoniano:

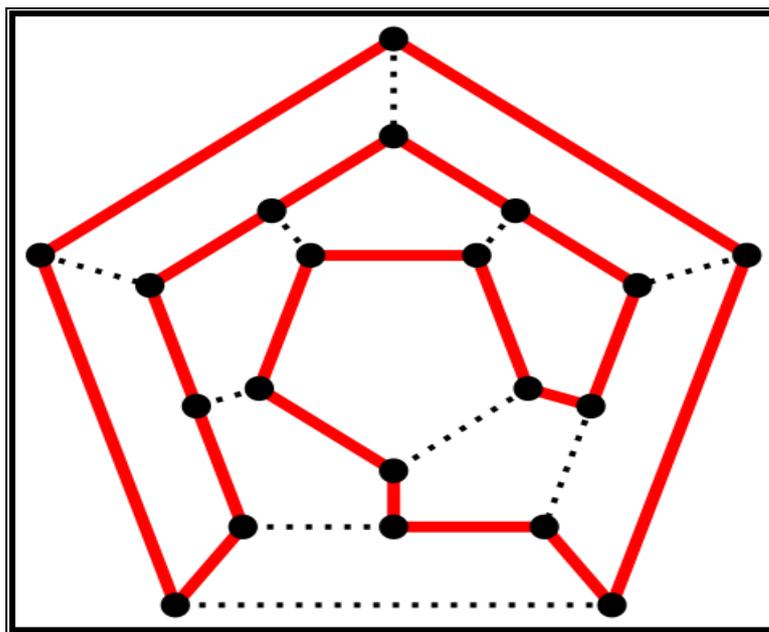


Figura 2.1: Ciclo Hamiltoniano em um dodecaedro

Um caminho Hamiltoniano ou caminho rastreável é um caminho que visita cada vértice exatamente uma vez. Um grafo que contém um caminho hamiltoniano é também chamado Grafo rastreável.

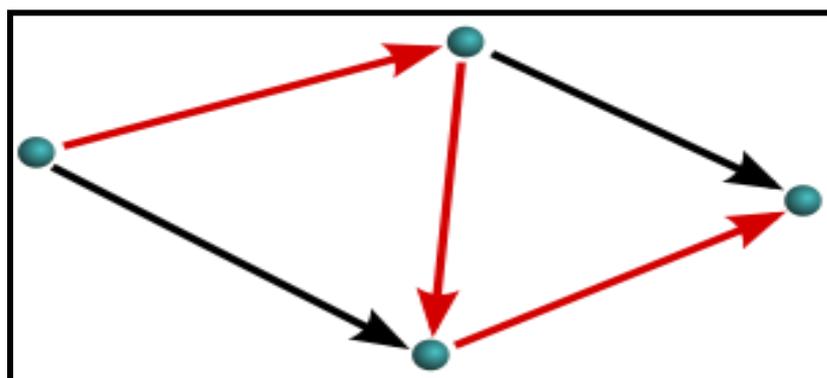


Figura 2.2: O caminho Hamiltoniano (vermelho)

Um grafo é **Hamilton-conectado** se para cada par de vértices existe um caminho Hamiltoniano entre os dois vértices.

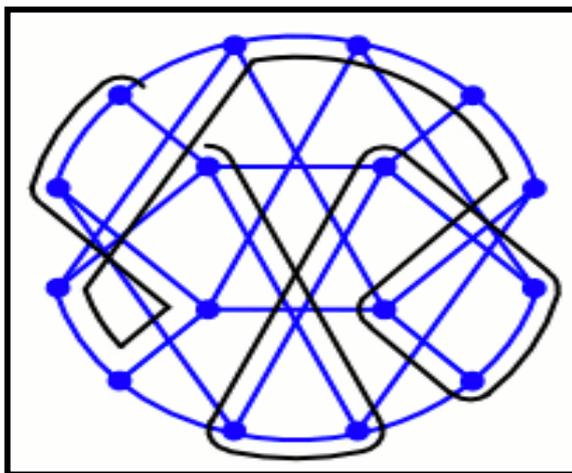


Figura 2.3.: Caminho Hamiltoniano (preto) sob o grafo Hamiltoniano (azul)

A importância dada ao PCV justifica-se pela dificuldade de resolução e também, a sua enorme aplicabilidade na engenharia e nas ciências. Vários problemas reais podem ser modelados como um PCV: roteamento de veículos, programação de tarefas em máquinas, perfuração de placas de circuitos integrados, mapeamento do DNA humano, dentre outras aplicações (LENSTRA & RINNOOY KAN, 1975).

O problema do caixeiro viajante tem como desafio buscar a rota que torna essa viagem o mais curta possível. As soluções exatas são ineficazes porque levam um grande espaço de tempo de execução ou no excesso de armazenagem de informações. (BALLOU, 2006).

Segundo Ballou (2006), o PCV deriva outros problemas que são classificados em:

1. Problema do Caixeiro Viajante Simétrico (PCVS);
2. Problema do Caixeiro Viajante Assimétrico (PCVA);
3. Problema do Caixeiro Viajante Generalizado (PCVG).

- **Problema do Caixeiro Viajante Simétrico (PCVS):** É uma particularidade do PCV que demonstra semelhança com muitas situações práticas de roteamento. O que consideramos é a matriz de custos não importa o percurso. Teremos um problema simétrico se a matriz de custos for simétrica.
- **Problema do Caixeiro Viajante Assimétrico (PCVA):** Nessa situação levamos em conta o sentido dos caminhos e assim a distância entre duas cidades podem ser diferentes. Aqui teremos a matriz de custos assimétricos e o percurso é feito num ou noutro sentido.
- **Problema do caixeiro viajante generalizado (PCVG):** Neste caso temos a generalização do PCV. Nele teremos o agrupamento de nós forçando a generalização do ciclo hamiltoniano. Acontece assim: cada grupo de nós irá contribuir com n nós para o ciclo hamiltoniano. Esse problema pode ser percebido quando estamos tratando da entrega de encomendas que se referem a correspondências de bancos, administrativas, entre filiais, representações, entre outras. Nessa situação o entregador além das entregas também é incumbido de fazer outros serviços nos lugares que irá visitar. Digamos que há n pontos a serem visitados e r serviços a serem realizados, cada tipo de serviço tem que ser realizado indistintamente em um ponto dos Srs. conjuntos homogêneos que dividem n . Dessa forma o mensageiro tem que passar por pelo menos um ponto pertencente a cada conjunto S , para que possa executar as r tarefas. O que se sugere para solucionar tal quadro é um ciclo hamiltoniano de menor comprimento que visita um nó de cada conjunto S , conjunto de pontos em que n é dividido.

2.6 Modelos para solução do PCV

Para Ballou (2006), existem alguns modelos básicos para promoção dos problemas de roteirização, de acordo com o autor:

“Embora sejam muitas as variações dos problemas de roteirização, é possível reduzi-los a alguns modelos básicos. Existe o problema de encontrar uma rota ao longo de uma rede em que o ponto de origem seja diferente do ponto de destino. Há um problema similar sempre que se apresentam múltiplos pontos de origem e de destino. Mais complexo ainda é o problema de fazer itinerários quando os pontos de origem e de destino são os mesmos”. (BALLOU 2006. p. 191)

O mesmo autor mostra alternativas de soluções para cada situação de roteirização que são:

1. Pontos relacionados espacialmente;
2. Um ponto de origem e um ponto de destino;
3. Pontos de origem e destinos coincidentes;
4. Pontos de origem e destinos múltiplos.

- **Pontos relacionados espacialmente:**

Encontramos boas soluções para o problema do caxeiro viajante e que não são exatos e sim ideias heurísticas que se enquadram satisfatoriamente as situações práticas. Os bons roteiros são aqueles em que depois de traçados os caminhos não se cruzam e o ideal é que o percurso lembre o formato de uma lágrima.

Por vezes o relacionamento espacial não é fiel ao caminho de fato e o tempo utilizado, uma alternativa pode ser o auxílio do computador para nos auxiliar a escolher o melhor roteiro e as paradas. Essa situação ocorrerá porque no trânsito temos as interrupções ocasionadas por semáforos, a lentidão do trânsito, acidentes de trânsito, mão única, mão dupla, todas as situações que interferem no processo de sequenciamento e tempo de um percurso.

Esses gargalos podem ser resolvidos ao representar as paradas em coordenadas cartesianas porque reduz o número de dados a serem levantados. Problemas que consideramos simples em algumas ocasiões são necessários muitas informações relacionados à distância e tempos. Soluções na área de informática estão sendo analisadas para que possamos achar soluções rápidas para o problema de roteiros espacialmente representados e a intenção é termos respostas que se aproximem do ótimo.

- **Um ponto de origem e um ponto de destino:**

Alguns métodos específicos estão sendo utilizados para resolver problemas de roteirização numa sequência, o *método do caminho mais curto* é uma técnica rápida que se mostra de maneira simplificada. Numa sequência com seus pontos de conexões teremos custos que são uma combinação das distâncias e do tempo, considerado a média ponderada entre essas duas variantes. De início todas as conexões estão sem solução, ou seja, não estão numa rota definida. A partir da origem como um nó resolvido teremos:

- **Objetivo da *enésima* iteração:** encontre o *enésimo* nó mais próximo da origem. Repita a operação por $n = 1, 2, \dots$ até que o nó mais próximo seja o destino.

- **Entrada para a *enésima* iteração:** Os $(n-1)$ nós mais próximos da origem, resolvidos em iterações anteriores, incluem sua rota e distância mais curta a partir da origem. Esses nós mais a origem serão chamados de *nós resolvidos*; os demais são *nós sem solução*.

- **Candidatos para o *enésimo* nó mais próximo:** Cada um dos nós resolvidos que seja diretamente ligado por um ramo a um ou mais dos nós sem solução fornece um candidato – o nó sem solução com o ramo de conexão mais curto. Os empates proporcionam candidatos adicionais

- **Cálculo do *enésimo* nó mais próximo:** Para cada um de tais nós resolvidos e seus candidatos acrescente a distância entre eles e a distância da rota mais curta a este nó resolvido a partir da origem. O candidato com a menor dessas distâncias é o *enésimo* nó mais próximo (os empates proporcionam nós resolvidos adicionais), e sua rota mais curta é a que gera essa distância. (BALLOU, 2006, p. 192).

- **Pontos de origem e destinos coincidentes:**

Existem alguns modelos que são utilizados para resolver os problemas de roteirização. São muitos os problemas que devem ser resolvidos para se fazer uma boa

roteirização como: encontrar uma rota numa situação em que o ponto de origem seja diferente do ponto de destino; múltiplos pontos de origem e de destino; fazer parada em casos que o ponto de origem e destino é o mesmo.

Este caso onde a origem e destino são os mesmos é conhecido como: “*o problema do caixeiro viajante*”, esse é um problema similar ao que tem pontos distinto de origem e destino, porém como a viagem não se considera concluída sem o retorno ao ponto de partida consideramos isso um agravante neste caso. Aqui buscamos minimizar distância ou tempo de viagem.

A saída heurístico-otimizadora é que tem dado propostas para essa tarefa nada simples que é a busca de uma boa rota diante de tal caso. Os tempos de resposta dos programas de computadores têm deixado a desejar quando se necessita de uma resposta rápida.

Alternativas para resolver “*o problema do caixeiro viajante*” têm sido traçar rotas itinerárias que não se cruzem em que no geral terá a forma de uma lágrima. Este é um procedimento que traz respostas rápidas, principalmente quando comparado com o computador.

Como alternativa, um modelo de computador pode ser usado para descobrir as melhores sequencias de paradas em um roteiro. Esta pode ser uma opção melhor do que a intuição quando o relacionamento espacial entre as paradas não representa seu verdadeiro tempo de percurso ou distância. Isso costuma ocorrer, por exemplo, quando da existência de barreiras de trânsito, vias de mão única ou congestionamento de trânsito, situações todas com condições de distorcer a representação gráfica deste problema.

- **Pontos de origem e destinos múltiplos:**

Na possibilidade de diferentes pontos de origens e de destinos encontraremos o desafio de combinar origem com destino e encontrar o melhor caminho entre eles. Quando temos um mesmo produto em armazéns diferentes para serem

entregues a diferentes clientes encontraremos esse problema. Em casos que a demanda total do cliente se limita ao ponto de origem temos um agravante, a demanda pode ser suprida a partir de cada localização.

2.6.1 Métodos Heurísticos para solução do PCV

A agregação de restrições torna a solução do problema de roteirização e programação mais complexo e difícil de solucionar. Neste contexto, o autor faz a avaliação de dois perfis de métodos: o “*Método da Varredura*”, considerado pelo autor mais simples, e outro mais robusto, complexo e sofisticado, o “*Método das Economias*”. (BALLOU, 2006)

- **Método da varredura:**

Até quando se trata de problemas complicados este método para roteirização de veículos é de tamanha simplicidade é possível fazer o cálculo sem o auxílio de computadores, até mesmo de calculadora. Se instalado em um computador não exige que este seja sofisticado e com grande capacidade de memória que mesmo assim ele dará respostas em curto espaço de tempo com possibilidade de erro de 10% diante de um grande número de problemas. Essa probabilidade de erro é aceitável considerando que é uma variedade de problemas que necessitam de resultados bons e geralmente os responsáveis por apresentar os roteiros têm no geral uma hora para apresentar o roteiro depois de receberem os pedidos

Nesse método, primeiro estipulam-se as paradas para cada automóvel e no segundo momento a sequência das paradas no caminho. Isso é uma desvantagem porque é um processo que ocorre em dois estágios e assim o tempo total da viagem não são devidamente considerados. Conforme Ballou (2006), o método é resumido em:

“Localize todas as paradas, inclusive o depósito num mapa ou grade. Trace uma linha reta a partir do depósito em qualquer direção. Gire essa linha, no sentido horário, ou anti-horário, até ela fazer a intersecção com uma parada.

Responda a pergunta: se a parada for incluída no roteiro, a capacidade do veículo poderá ser ultrapassada? Se a resposta for negativa, continue com a rotação da linha até a intersecção da próxima parada. Responda então: o volume cumulativo ultrapassará a capacidade do veículo? Usem em primeiro lugar os maiores veículos. Se a resposta for positiva, exclua o último ponto e defina o roteiro. Continuando com a varredura da linha, comece um novo roteiro com o último ponto excluído da rota anterior. Continue com a varredura até atribuir todos os pontos a roteiros. Dentro de cada roteiro, faça a sequência das paradas a fim de minimizar as distâncias. O sequenciamento pode ser conseguido mediante a aplicação do método da forma de lágrima ou pela utilização de qualquer algoritmo que resolva o problema do caixeiro viajante” (BALLOU, 2006. P.204).

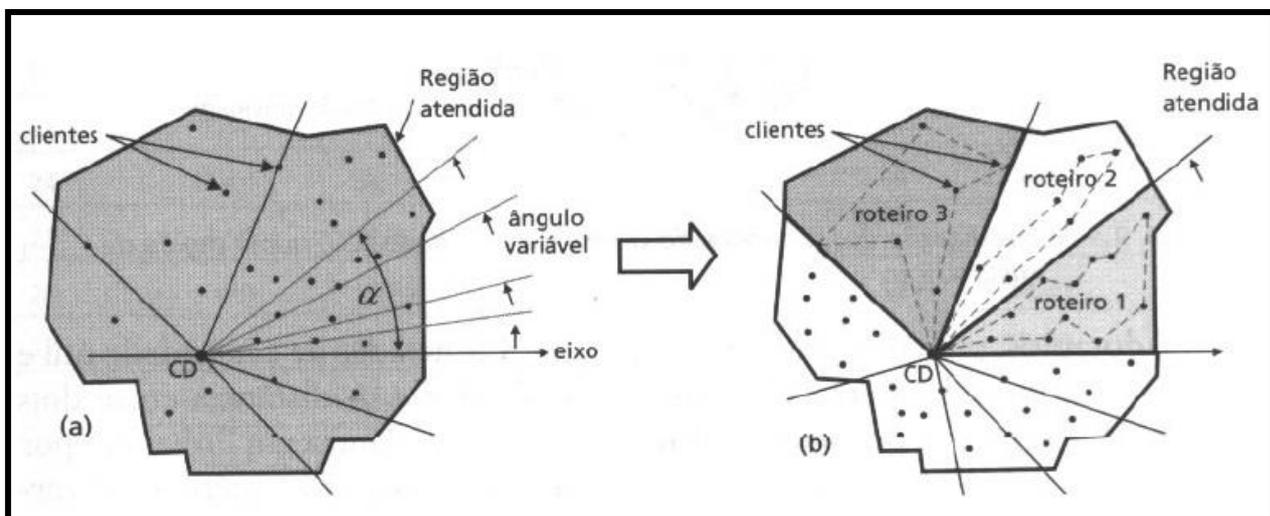


Figura 2.4.: Método da varredura (Adaptado de Ballou, 2006).

- **O método das economias ou método Clarke-Wright**

Método que há muito tempo é considerado flexível a ponto de resolver grande variedade de restrições que se aplicam a prática do dia-a-dia. Foi um método criado por Clarke Wright tratando das economias e, em computadores apresenta respostas em tempo moderado com soluções que se aproximam e muito de respostas ótimas.

Este método busca diminuir a soma total do percurso de todos os veículos e diminuir também o número de veículos utilizados para atender aos pedidos. A solução começa considerando um veículo fictício que segue o percurso e para em cada parada indicada e depois volta ao ponto de origem.

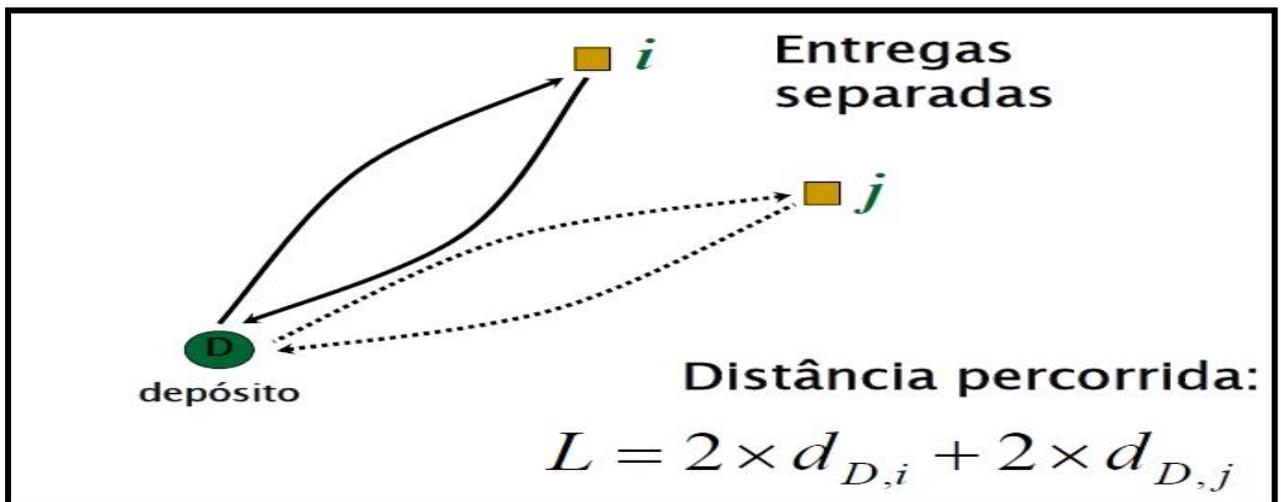


Figura 2.5: Entregas separadas

Com isso têm-se a distância máxima do percurso, o próximo passo é combinar duas paradas com o intuito de eliminar um dos veículos e a distância. Na determinação das paradas combinadas o que se economizou na distância é calculado antes e depois das combinações.

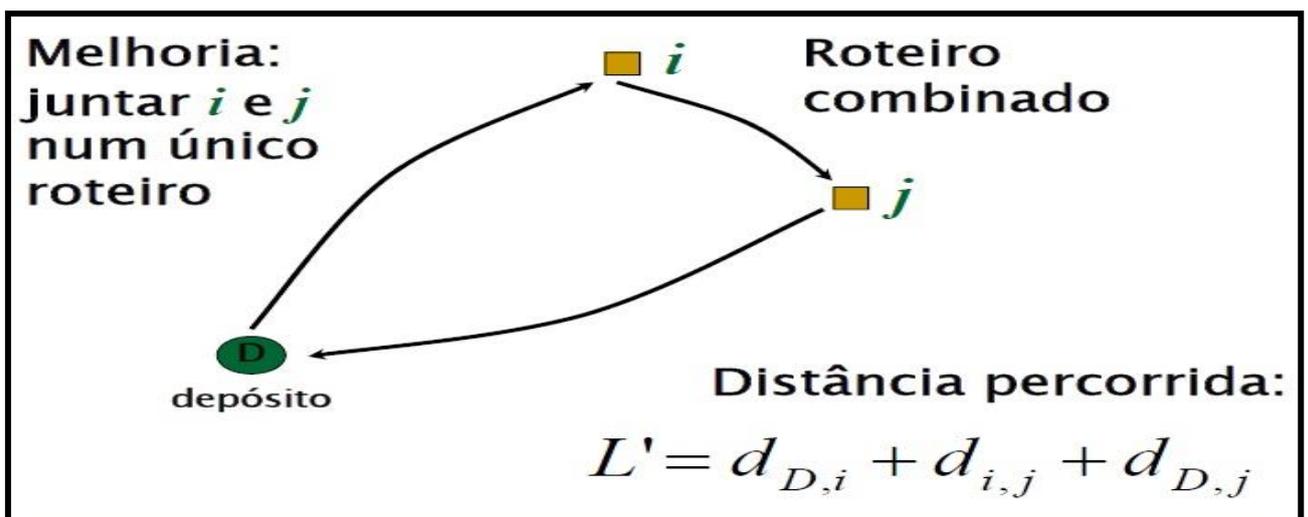


Figura 2.6: Entregas combinadas

O cálculo do ganho de economia é feito da seguinte forma:

$$L' = dDi + dDj - dij$$

Em todas as combinações de parada o cálculo é realizado. Vai ser escolhido o par de escalas com maior valor economizado é escolhido para combinação.

Nesse processo podemos combinar paradas isoladas ou inserir paradas. No caso de inserir um ponto entre as escalas i e j , estando no mesmo roteiro, o ganho de economia é feito da seguinte forma:

$$L' = dDk + dkD + dij - dik - dkj$$

Para inserir a parada k depois da última parada j acharemos o ganho de economia na expressão:

$$L' = djD - djk + dDk$$

Inserir a parada k antes da parada i :

$$L' = dkD - dki + diD$$

A maior economia identifica a parada que deve ser potencial a entrar no roteiro. Se houver restrições como, por exemplo, a parada escolhida deixar o roteiro muito extenso, as janelas de tempo não podem ser satisfeitas, ou o veículo já está com a capacidade máxima, a parada com o próximo maior valor de economia passa a ser considerada, a análise continua até que todas as paradas sejam estudadas.

A eficácia deste método de economia dá possibilidade de trabalharmos com muitas restrições que são tão importantes na prática. Isso se deve a capacidade de, ao mesmo tempo, colocar a parada no roteiro e mostrar sua sequencia apropriada. Nesse método a inclusão de uma parada num roteiro deve ser testada.

Este método traz inúmeras perguntas a respeito do novo trajeto: o tempo previsto excede o tempo máximo de direção? O tempo de descanso ou refeição do motorista foi atingido? Há veículo com capacidade para o volume máximo da rota? A janela temporal vai ser cumprida?

Essas perguntas vão nos indicar a aceitação ou rejeição da nova parada no percurso. Desde então, a próxima parada será escolhida conforme o maior valor de economia e isso se repete no processo de avaliação. Não há certeza de solução ótima neste processo, mas a sua complexidade nos dá o alcance de boas soluções.

2.7 Processamentos de pedidos

Antigamente quando se vendia uma mercadoria o processamento do pedido se dava pelo preenchimento de uma nota ou pedido manualmente, que em seguida era encaminhado ao depósito, que por sua vez separava a mercadoria do estoque e programava a sua entrega ao cliente. Nesse primeiro momento da logística o estoque era o elemento-chave no balanceamento da cadeia de suprimento, atuando como o pulmão entre a manufatura, os depósitos e os centros de distribuição. As empresas procuravam formar lotes econômicos para transportar seus produtos, dando menor importância aos estoques. Nesse enfoque clássico os estoques eram renovados de forma a minimizar o custo com inventário, custo com transporte e o custo para elaborar pedido (JESUS, 2008).

Atualmente o fluxo de informação é que se tornou essencial, em relação a isto Fleury (2003) diz:

“Manter o controle eficiente e eficaz do fluxo de informações tem sido um dos principais desafios das organizações, principalmente para aquelas que atuam em mercados de alta concorrência e de mudanças rápidas. [...] Fluxos de informação lentos e erráticos normalmente resultam em queda na qualidade dos serviços, aumento dos custos e perda de participação no mercado” (FLEURY, 2003b, p. 452).

A informação de má qualidade ocasiona os mais diferentes problemas nas operações. Dentre as mais comuns temos: incorreção das informações quanto às

tendências e aos acontecimentos e imprecisão a respeito das exigências de um cliente no processamento de pedidos. O processamento incorreto de um pedido cria todos os custos logísticos, mas normalmente não resulta em venda. Já uma projeção ou avaliação imprecisa pode resultar em falta ou excesso de estoque. (BOWERSOX ET. AL, 2001).

Segundo Ballou (2006) é muito grande o número de empresas que nunca chegaram a estabelecer regras formais para a entrada e processamento dos pedidos durante os estágios iniciais do seu atendimento. Identificou-se o caso, que uma dessas empresas enfrentava significativos atrasos no atendimento de pedidos de clientes importantes quando os funcionários do setor, em momento de excesso de trabalho, decidiam, por conta própria, despachar em primeiro lugar os pedidos menos complexos. Nesse caso, as prioridades no processamento de pedidos vão certamente influir na rapidez de despacho daqueles pedidos mais importantes. Nesse sentido, algumas regras alternativas no tocante as regras de priorização poderiam ser, enumeradas, conforme abaixo:

- 1) primeiro a ser pedido, primeiro a ser processado;
- 2) o pedido de menor tempo de processamento;
- 3) os pedidos com ordem de prioridade específica;
- 4) em primeiro lugar, os pedidos menores e menos complexos;
- 5) os pedidos com menos tempo de entrega prometido;
- 6) os pedidos com menos tempo restante até a data prometida de entrega.

A escolha de uma determinada regra, de acordo com Ballou (2006) depende de critérios da justiça para os clientes, importância diferenciada dos pedidos e da velocidade total de processamento que pode ser atingida.

2.8 Terceirizações de serviços de entrega

O processo de terceirização representa um aspecto fundamental, que visa maximizar a relação custo benefício, da atividade logística empresarial. Conforme Ribeiro e Ferreira (2002):

“Embora a terceirização de serviços seja uma prática antiga, a forma que esta se apresenta hoje na logística, se constitui numa nova e importante tendência da prática empresarial moderna e que afeta o uso de transportes, pois as empresas produtoras delegam essa função, fortalecendo o setor de operadores de transportes”. (Ribeiro e Ferreira, 2002, pág. 5).

Novaes (2001) agrupa esse tipo de serviço prestado pelos operadores logísticos, classificando-os como: operadores baseados em ativos e operadores baseados em administração e tratamento de informação. Um terceiro grupo, formado por estes dois, é denominado híbrido. Os operadores baseados em ativos caracterizam-se por deter investimentos próprios, como transporte, armazenagem, etc. e alugar estes recursos a terceiros. Já os operadores baseados em administração e tratamento de informação não possuem ativos operacionais próprios, mas fornecem recursos humanos e sistemas para administrar toda ou parte das funções logísticas. O operador híbrido ou integrado apresenta as características destes dois operadores, oferecendo serviços logísticos e físicos ao mesmo tempo. Dentre os principais fatores que têm favorecido a contratação de um operador logístico destacam-se a crescente complexidade operacional, a sofisticação tecnológica e a busca pela redução de custos.

De acordo com Fleury et al. (2000) há um impasse nesse assunto, existe quem defenda que os operadores logísticos têm a capacidade de operar com menores custos e oferecer melhores serviços do que operações executadas internamente. É possível realizar o trabalho porque os operadores logísticos prestam serviços a diversos clientes e geram economias de escala que os permitem investir em ativos, serviços e capacitação gerencial e operacional. Além disso, por prestarem serviços a diferentes empresas em vários setores, são capazes de aprender através das experiências de seus clientes. Com relação às desvantagens, pode-se citar o risco de se perder importantes informações dos mercados e clientes, obtidas através do contato feito dia-a-dia com estes.

Conforme Ribeiro e Ferreira (2002) quando os clientes buscam satisfazer suas necessidades de logística e não querem comprometer seu capital ou preparasse administrativamente para isto ele optam por transportadores contratados.

2.9 Softwares de roteamento

A tecnologia atual permite que as empresas mais comprometidas com além de reduzir os custos e coordenar melhor as entregas. Os avanços tecnológicos auxiliam as empresas quando são chamadas a tomar decisões rápidas em situações inesperadas. (CHOPRA, 2003)

Conforme Bodin (1990), a área da computação foi a que mais sofreu mudanças quando se trata de sistemas de roteirização e programação de veículos. Em sua primeira geração, quando os sistemas de roteirização e programação de veículos eram executados nos chamados mainframes, os resultados gerados nem sempre podiam ser conhecidos imediatamente, pois dependiam tanto do tempo de processamento como da sua prioridade na fila de espera para resolução.

“Atualmente, a grande maioria dos roteirizadores disponíveis já apresenta tecnologia baseada nos SADE, ou seja, são dotados de vários recursos computacionais, matemáticos e gráficos que proporcionam plataformas cada vez mais amigáveis, em termos de interface com o usuário; flexíveis, na adequação operacional da empresa; e robustas, na medida em que seus algoritmos resolvem problemas com números de pontos de atendimento a clientes cada vez maiores, considerando restrições cada vez mais complexas, tais como horários de circulação e atendimento, tamanhos de veículos” (FILHO E MELO, 2001, p.225).

Com um sistema de roteirização a empresa pode ter ganhos significativos, tanto do âmbito financeiro, quanto na redução dos custos operacionais. Além do mais tem influência em termos da qualidade do serviço permitindo maior quantidade e fidelidade de clientes, ganhos estes de grande importância para a melhor integração da cadeia de suprimentos e, conseqüente, para a obtenção de vantagens competitivas. (FILHO E MELO, 2001).

Filho e Mello (2001) abordam alguns softwares utilizados no processo de roteirização que estão disponíveis no mercado:

TransCAD

É um sistema que trabalha com todos os modais de transporte ele gerencia, armazena, mostra e analisa dados combinando um SIG e um sistema de modelagem de capacidades de transporte em uma plataforma integrada (SIG-T). Ao aplicarmos a modelos de roteamento e logística, pode ser utilizado por diferentes setores (públicos ou privados) em aplicações tais como:

- Operações de coleta e entrega;
- Planejamento da distribuição;
- Manutenção de facilidades/oportunidades (Facility maintenance);
- Coleta e entrega porta-a-porta;
- Varrição de ruas ou remoção de neve;
- Coleta de lixo sólido e reciclável;
- Cálculo de distâncias percorridas.

Logit (2007) os modelos de roteamento e logística do sistema TransCAD podem ser aplicados a qualquer modo de transporte e podem ser utilizados para diferentes aplicações, seja no setor privado ou no setor público.

ROTAcerta

Desenvolvido pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) em 1993. É um sistema com interface em português, utilizado especialmente no contexto de roteamento e programação de veículos em áreas urbanas, considerando fatores e restrições comumente encontrados nesse ambiente, porém quase nunca

tratados (devido à dificuldade que introduzem) na programação manual. Suas aplicações estão ligadas a entregas domiciliares; bebidas, cigarros, jornais ou qualquer outro produto; fretamento de funcionários; coleta e distribuição para atacadistas; visitas de assistência técnica, vendedores, etc.; transporte de valores; e muitos outros.

RoadShow

Apresentasse flexível, permite basear-se em custos reais de distribuição para tomada de decisões. Ele considera o tráfego, tempo, condições da rua. Como uso do mouse ele possibilita criar, editar e atualizar a malha viária (nós e links), assim como modificar suas rotas, recalculando e mostrando a nova rota, além das implicações de custo decorrentes de tais modificações. Nesse sistema, o mapa de operação, sobre o qual são exibidas as rotas, é scaneado do mesmo mapa usado por despachantes e motoristas, ou seja, com todos os detalhes importantes da região em questão, garantindo, assim, que as rotas não passem por barreiras naturais ou artificiais.

2.9.1 Google Maps

Site de roteirização gratuito criado pela Google Inc que permite criação de rota para pedestres, veículos públicos e particulares. O ambiente de interface com o usuário é de fácil manuseio o que o torna bastante popular entre os roteirizadores. As rotas criadas podem ser compartilhadas com outros usuários através de e-mail.

Segundo Faria (2006), o Google foi o precursor na globalização de acesso a informações geográficas com o lançamento do Google Maps. O autor chega a afirmar que se trata de um marco histórico, não o acesso às informações geográficas gratuitas, não é o site em si, mas sim o fato de, paralelamente, o Google ter criado uma forma dos utilizadores das informações geográficas poderem incluir os mapas em seus próprios sites. Essa forma é a API do Google Maps.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, realizada por meio de um estudo de caso, através de uma abordagem qualitativa.

Um estudo de caso é uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real (YIN, 2001).

Segundo Ventura (2007) o estudo de caso deve ser entendido como uma metodologia ou uma escolha de um objeto de estudo. Visa à investigação de um caso específico, bem delimitado, contextualizada em tempo e lugar para que se possa realizar uma busca circunstanciada de informações que tenham como objetivo responder a pergunta de pesquisa.

Neste trabalho, o objeto de pesquisa foi a empresa *AR Express*, uma organização instituída juridicamente sob o formato de MEI (Micro Empreendedor Individual), domiciliada no município de Caruaru-PE.

As observações foram realizadas a partir do acompanhamento de uma rota de entrega de correspondência no dia 12/12/2012.

Na ocasião foi realizada a entrega de correspondências que se referiam a boletos bancários com datas de vencimento para 15/12/2012 e que deveriam ser entregues com três dias de antecedência, tendo em vista tratar-se de uma exigência do cliente.

Foram visitados, na ocasião, 09 pontos geograficamente distribuídos no município de Caruaru-PE, no período compreendido entre 08h30m até às 12h00minh.

Esse roteiro realizado foi realizado com auxílio do Google Maps, sem obedecer à metodologia proposta.

O modelo de roteirização sugerido, visando otimizar o as variáveis tempo e custo, tomou como base abordagem do *pontos de origens e destinos coincidentes*, que é das classificações do *Problema do Caixeiro Viajante*.

O método apontado no parágrafo acima tem como solução ótima, um roteiro na qual os caminhos não se cruzam que a roteirização assuma um formato de **lágrima**.

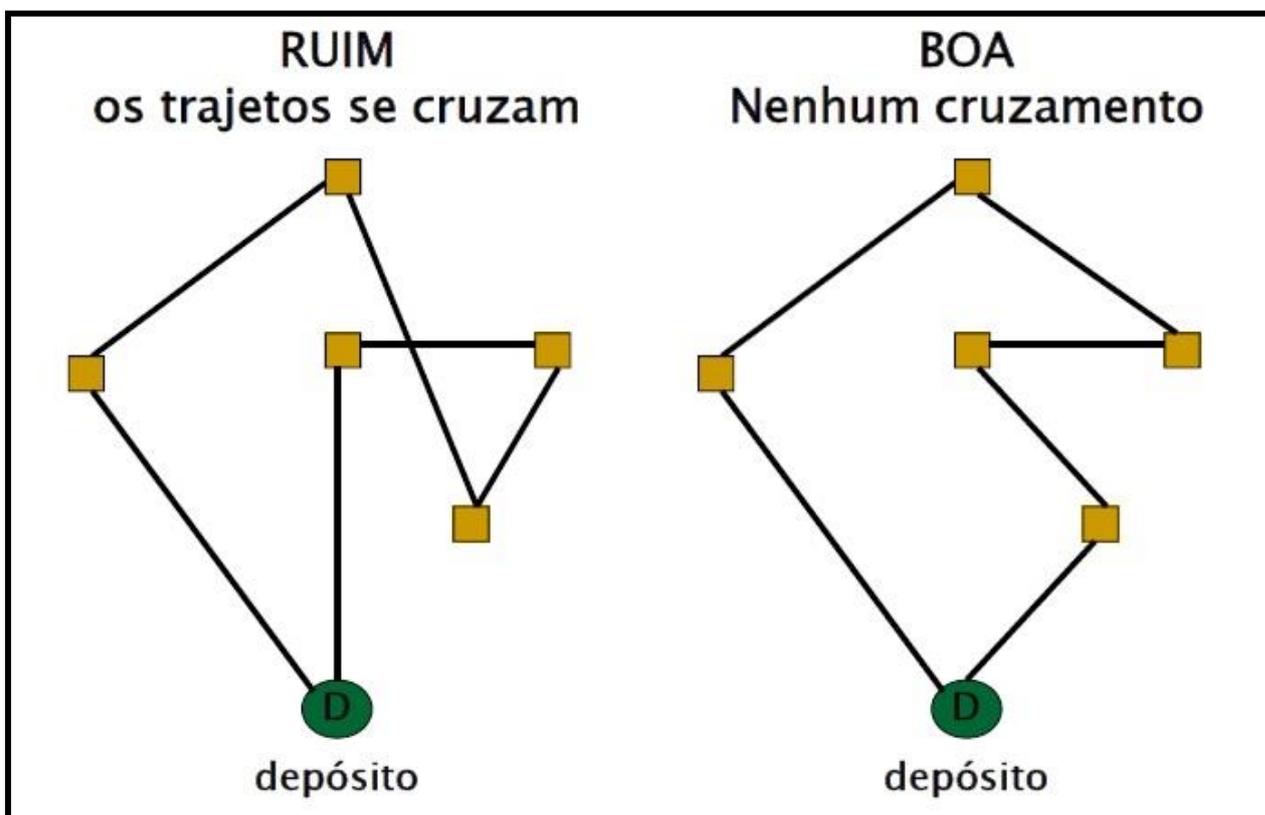


Figura 3.1: exemplo de bons e ruins roteiros

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

A entrega de pequenas encomendas e/ou correspondências com diferentes destinos requer que se tenha um planejamento do caminho mais curto, com menos custos, nesse trabalho estudo o caso de quem realiza o serviço utilizando como meio de transporte uma moto e que presta serviços para diferentes empresas dentro de Caruaru-PE.

Para embasamento do trabalho foi acompanhado uma rota de entrega feita no dia 12/12/2012. No caso deste trabalho utilizamos o Google Maps, o que foi satisfatório já que o nosso roteiro de estudo possui poucas rotas permitindo uma resposta satisfatória. Caso tivéssemos um considerável número de rotas e veículos seria essencial o auxílio de softwares de roteamento.

O roteiro acompanhado teve os seguintes logradouros nessa sequência:

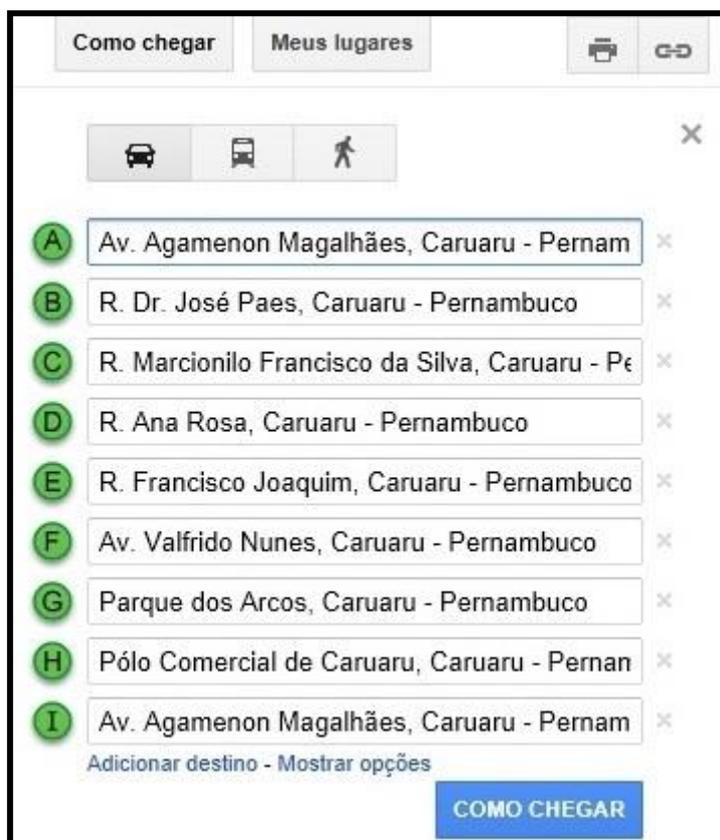


Figura 4.1 – Sequência de logradouros. Fonte Google Maps

A sequência foi informada ao Google Maps, e tomou o seguinte formato:

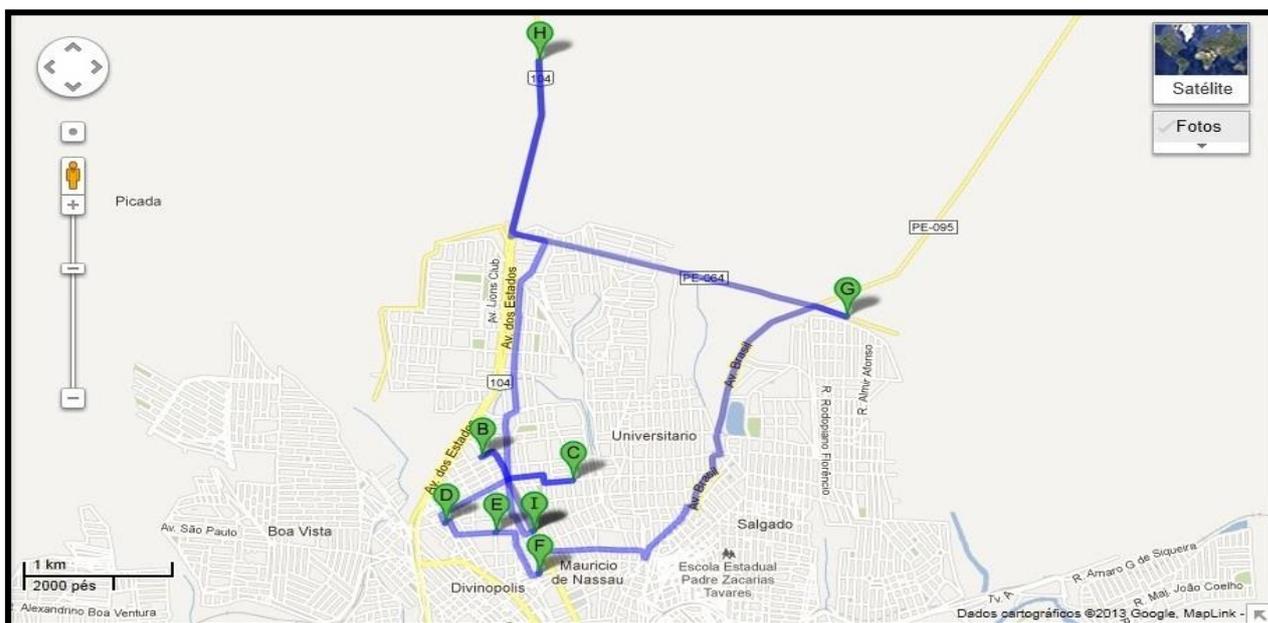


Figura 4.2 – Roteiro de entregas realizadas (A; I) na cidade de Caruaru-PE. Fonte Google Maps.

Esquematizando obteve-se o seguinte diagrama:

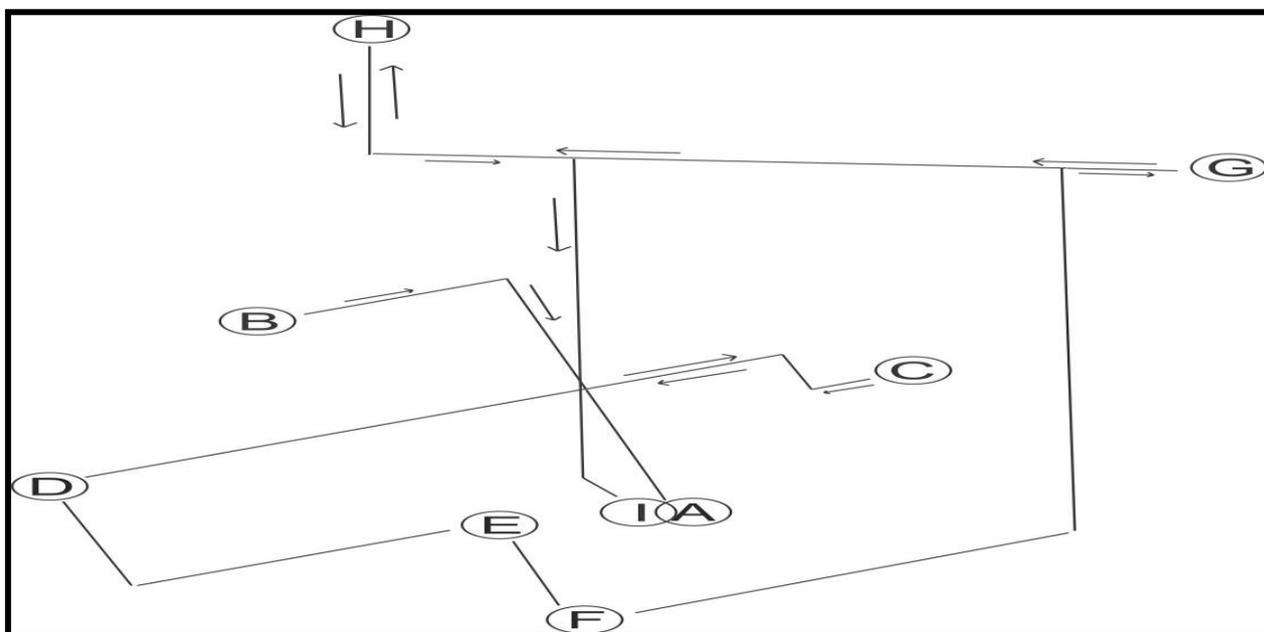


Figura 4.3 – Esquema de entregas realizadas (A; I) na cidade de Caruaru-PE.

Identificaram-se diversos cruzamentos no trajeto traçado a partir do local de origem **A** em relação ao local de destino **I**, como se observou no esquema da figura 4.2:

A para **B** através do caminho que liga os pontos **D e C**, voltando de **C** para **D** bem como saída no ponto equidistante entre o caminho **G e H** para **I**, resultando em trajetos desnecessários, ou seja, perda de tempo, além do custo advindo da roteirização realizada.

5. MODELO PROPOSTO

O tempo de processamento nos computadores mais rápidos para os métodos de otimização têm sido até agora insuficiente para resolver muito desses problemas práticos. Problemas de solução cognitivos, heurísticos ou combinações de heurístico-otimizadores, têm representado boas alternativas (BALLOU, 2006).

No caso analisado temos a variação do PCV identificado pelo modelo *ponto de origem e destino coincidentes* onde o problema de roteirização é uma extensão do modelo *pontos distintos de origem e destino* com a dimensão complicadora representada pelo fato de que, a viagem não é considerada completa até o retorno do veículo ao ponto de partida. O objetivo foi achar a sequencia na qual os pontos visitados minimizem a distância ou tempo total da viagem.

Ademais, as roteirizações que possuem como base a solução dos Problemas de Caixeiro Viajante (PCV), devem obedecer às regras do não cruzamento dos caminhos que constituem o roteiro, no obstante, esse formato normalmente assume uma configuração de uma lágrima, sempre que possível. Adotando-se a metodologia sugerida procurou-se reduzir o tempo, através da otimização do trajeto da viagem (roteirização), com consequentes benefícios dos custos incorridos para essa tarefa. Por conseguinte sugere-se, nesse caso o trajeto:



Figura 5.1 – Sequência de logradouros sugerida. Fonte Google Maps

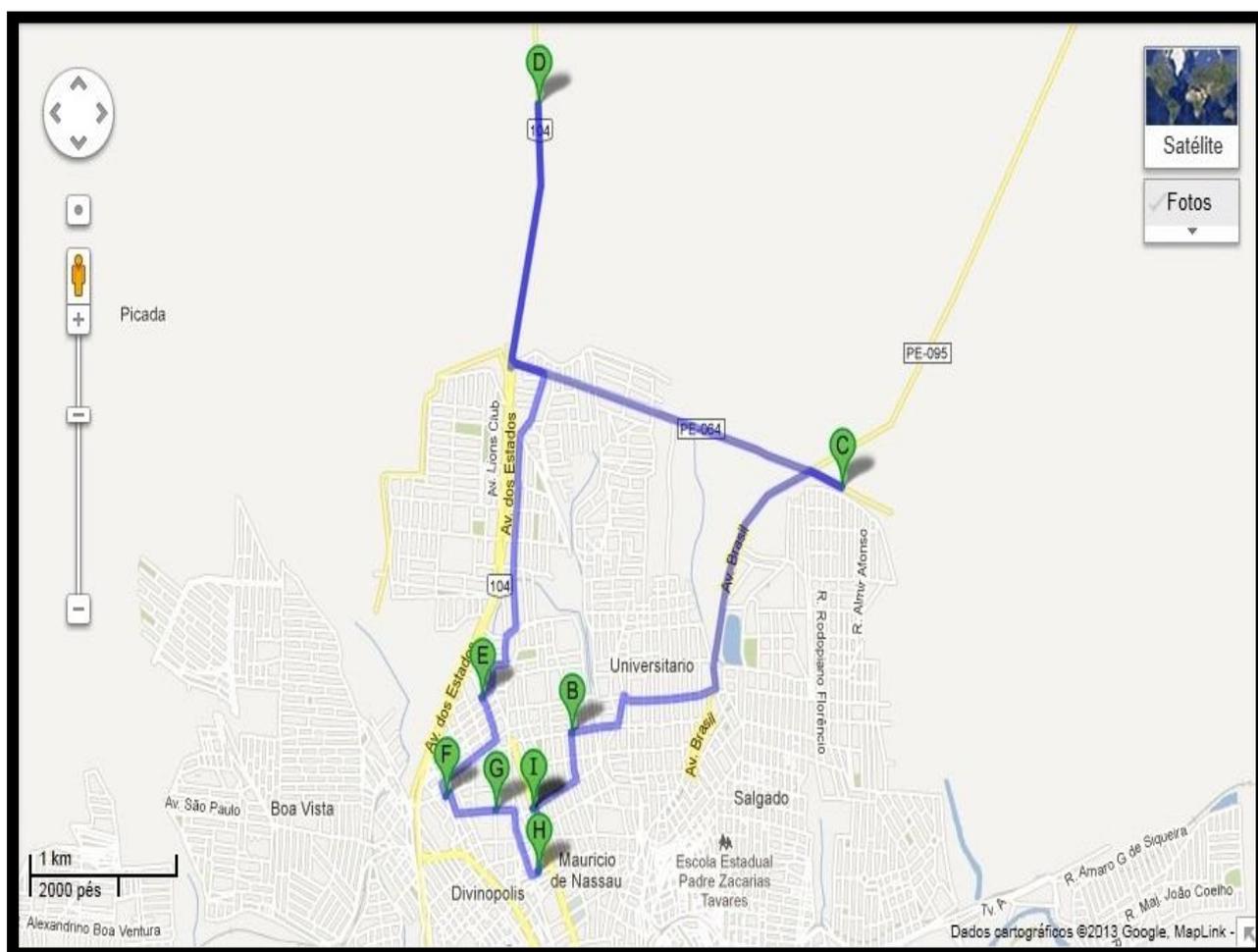


Figura 5.2 – Roteiro de entrega sugerida (A; I) na cidade de Caruaru- PE. Fonte Google Maps.

Identificaram-se diversos cruzamentos no trajeto traçado a partir do local de origem **A** em relação ao local de destino **I**, como se observou no esquema da figura 4.2:

No trajeto feito sem planejamento os trajetos se cruzam de **A** para **B** através do caminho que liga os pontos **D e C**, voltando de **C** para **D** bem como saída no ponto equidistante entre o caminho **G e H** para **I**, conforme se observa na figura 4.3. Todos esses gargalos foram resolvidos com o novo roteiro sugerido conforme pudemos perceber no esquema acima.



Figura 5.4 – Diferença das sequências de logradouros.

6. CONCLUSÃO

Foi possível observar que o roteiro original foi realizado de maneira intuitiva sem ao menos uma simples análise de qual a melhor maneira de completar o trajeto. No acompanhamento das entregas e no mapa e esquema disponibilizado neste trabalho pode-se perceber que o operador logístico foi realizando a entrega em nove pontos previamente estabelecidos, os quais foram visitados levando-se apenas em consideração a proximidade com o local de origem (vide figuras 4.2 e 4.3, respectivamente) dando pouca importância, aos cruzamentos, as interrupções advindas dos sinais de trânsito, a densidade de veículos nas vias de trânsito, fenômenos estes que resultam no desperdício de tempo, conseqüente aumento de custo.

As observações realizadas permitiram concluir que as atividades de coleta e entrega de correspondências e pequenos volumes ainda são realizadas, no município estudado, de forma amadorística. Por outro lado, são poucas as empresas juridicamente formalizadas que prestam esse serviço, por conseguinte, essas atividades possuem a sua demanda específicas, e estas são geralmente realizadas por motoboys autônomos. Percebe-se, que esses operadores logísticos, não estão devidamente treinados e preparados tecnicamente, para desenvolvimento e/ou planejamento de roteiros que maximizem a função custo X benefício, embora muito desses ditos operadores logísticos, creditarem que estão otimizando os seus roteiros.

A otimização do processo de roteirização visando à entrega correspondências e pequenas encomendas, pela empresa *Ar Express*, dar-se-á através do **Problema do Caixeiro Viajante (PCV)**, pela abordagem **pontos de origens e destinos coincidentes**, assumindo um formato **de lágrima**, como se pode identificar na figura 5.2, respondendo assim o problema de pesquisa apresentado.

6.2 Sugestões para estudos futuros

- Realização de estudos com roteiros mais complexos que exijam o uso de um dos softwares citados aqui ou de outros existentes no mercado;
- Realização de um trabalho que tenha um maior campo de observação: mais roteiros, mais clientes, mais restrições e, que sejam resolvidos com os métodos empíricos de “varredura” ou de “economia” caso tenham o ponto de origem coincidente com o ponto de destino, o que caracteriza o Problema do Caxeiro Viajante (PCV);
- Estudo minucioso de um dos softwares de roteirização, apresentando suas vantagens e desvantagens que tragam elucidações o suficiente para demonstrar o porquê da necessidade desse software no auxílio da logística de uma empresa;
- Levantamento de empresas que prestam os serviços de operação logística na cidade de Caruaru-PE fazendo um mapeamento do funcionamento para enumerar quais os prós e contra nesse tipo de atividade.

7. BIBLIOGRAFIA

ALVRENGA, A. C., NOVAES, A. G. N. *Logística Aplicada – Suprimento e Distribuição Física*. 3ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.

ASSAD, Arjang et al. *The fleet size and mix vehicle routing problem: computers & operations research*. College Park: Elsevier, 1984.

BALLOU, R. H. (2006). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. Porto Alegre: Bookman.

BALLOU, R. H. (2008). *Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas.

BALLOU, Ronald H. *Logística Empresarial*. 22ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BODIN, Lawrence D. Twenty years of routing and scheduling. *Operations research*, v. 38, n. 4, p. 571-579, 1990.

BOWERSOX, Donald J., COOPER, M. Bixby , CLOSS David J. *Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BOWERSOX, Donald J.; COOPER, M. BIXBY; CLOSS, DAVID J. *Gestão logística de cadeias de suprimentos*. Grupo A, 2006.

COSTA, João Paulo, DIAS, Joana Matos, GODINHO, Pedro. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

CUNHA, C. B. (2000) Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. *Transportes*, v. 8, n. 2, p. 51-74.

CUNHA, C.B. (1997) Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais. São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Transportes. 222p. (Tese de Doutorado).

CHOPRA, S. MEINDL, P. (2003). Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação. Editora Prentice-Hall, São Paulo.

FARIA, N. A. de S. Suporte à Edição Cooperativa de Informação Geográfica em Ambiente Web. 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade do Minho Braga, Departamento de Informática, Portugal, 2006.

FILHO, Virgílio J. M. F.; MELO, André C. S. Seção de Softwares: Sistema de Roteirização e Programação de Veículos; Pesquisa Operacional, v.21, n.2, p.223-232. Rio de Janeiro, julho a dezembro 2001.

FLEURY, Paulo F. Gestão estratégica do transporte. In: FIGUEIREDO, Kleber F.; FLEURY, Paulo F.; WANKE, Peter (Org.). Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos. São Paulo: Atlas, 2003. cap. 18, p. 247-256.

FLEURY, P.F., FIGUEIREDO, K., WANKE, P. (org.). Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000. FLEURY, Paulo F., Perspectivas para Logística Brasileira. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br>>. Publicações CEL, COPPEAD, UFRJ, agosto de 2013.

GOLBARG, M. C. e H. P. R. Luna Otimização Combinatória e Programação Linear. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.

JESUS, João Batista de. Modelos matemáticos aplicados à otimização da gestão dos níveis de estoque: estudo de caso de uma empresa do comércio varejista de material de construção./João Batista de Jesus. Jau – SP: O autor, 2008. 87p.

LAPORTE, G. The vehicle routing problem: an overview of exact and proximate algorithms. European Journal of Operational Research, v. 59, n. 3, p.345-358. 1992.

LAPORTE, G.; M. Gendreau; J.Y. Potvin e F. Semet (2000) Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem, International Transactions in Operational Research, v.7, n4/5,p.285-300.

LENSTRA, Jan K.; KAN, AHG Rinnooy. Some simple applications of the travelling salesman problem. *Operational Research Quarterly*, p. 717-733, 1975.

LOGIT Consultoria. TransCAD Disponível em: <<http://www.logitconsultoria.com.br>>. Consultado em agosto de 2013.

MEINDL, Peter; CHOPRA, Sunil. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos- Estratégia, Planejamento e Operação. São Paulo, 2003.

MIURA, M. Resolução do Problema de Roteamento de Veículos em uma Empresa Transportadora. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

MOURA, Benjamim. Logística: conceitos e tendências. 1ª ed. Lisboa: Editora Centro Atlântico, 2006.

NOVAES, A. G., 2004. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição, Editora Campus, Segunda Edição.

NOVAES, Antônio G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação. Rio de Janeiro. Campus, 2001.

REINELT, Gerhard. The traveling salesman: computational solutions for TSP applications. Springer-Verlag, 1994.

RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; FERREIRA, Karine Araújo. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. XXII ENEGEP. Curitiba, Brasil, 2002.

SANCHES, Suely da Penha et al. Roteirização de veículos para o transporte de alunos da zona rural utilizando um sistema de informações geográficas. 1998. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Curso de Engenharia Urbana, UFSC, São Carlos, 1998.

SILVA, V. Logística e Transporte na Indústria Brasileira de Laticínios: Estudo de Casos. 2003. 109 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

SIMONATO, Esp Adm Eder Benedito. O Que é Logística?. Revista das Faculdades Integradas Claretianas–Nº4–janeiro/dezembro de, p. 122, 2011.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de Caso como modalidade de pesquisa. Rev SOCERJ. 2007;20(5):383-386

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.