

ADAPTAÇÃO DA METAHEURÍSTICAS GRASP COMO ALTERNATIVA PARA MELHORAR O DESEMPENHO DA LOGÍSTICA APLICADA AO E-COMMERCE

M. C. V. ZANNETI^{1*}, A. P. MAROCCO² e H. S. CAMPOS JR²

¹ IAG/PUC-RJ - ²IF Sudeste MG
marcia.zanetti@ifsudestemg.edu.br*

Artigo submetido em agosto/2014 e aceito em novembro/2014

DOI: 10.15628/holos.2014.2326

RESUMO

Uma das questões mais relevantes para o sucesso do e-commerce é a capacidade das organizações em oferecer serviços de logística com qualidade, especialmente na distribuição e entrega de produtos solicitados. Sendo assim, essas empresas gradativamente se tornam mais dependentes de processos que propiciem sistemas de logística mais eficientes, ressaltando a ideia de oferecimento de produtos e serviços que possam superar barreiras como localização e distância a custos praticáveis. Propõe-se, neste artigo, diferentes versões

da metaheurística GRASP para solucionar o Problema de Roteamento de Veículos. Para a sua resolução diferentes algoritmos aplicados à fase de construção e de busca local do GRASP são propostos, com posterior realização de refinamento visando melhorar a qualidade da solução buscada. O produto final do algoritmo possibilitará minimizar custos de logística, tempos de entrega, melhores rotas e redução da quantidade total de veículos necessários para o oferecimento do serviço.

PALAVRAS-CHAVE: e-commerce, metaheurística, GRASP.

ADAPTATION OF GRASP METAHEURISTICS AS AN ALTERNATIVE TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF THE LOGISTICS APPLIED TO E-COMMERCE

ABSTRACT

One of the most important issues for the success of e-commerce is the ability of organizations to offer logistics services with quality, especially in the distribution and delivery of products ordered. Therefore, these companies are increasingly dependent processes that make efficient logistics system, emphasizing the idea of offering products and services that can overcome barriers such as location and distance costs feasible. It is proposed in this paper, different versions of the GRASP to solve the

Vehicle Routing Problem. To resolve different algorithms applied to the construction phase and the GRASP local search are proposed, with subsequent implementation of refinement to improve the quality of the solution sought. The end product will allow the algorithm to minimize logistics costs, delivery times, better routes and reduce the total number of vehicles required to provide the service.

KEYWORDS: e-commerce, metaheuristic, GRASP.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da Internet, as relações comerciais sofreram transformações a partir da possibilidade de realização de transações comerciais por meios não tradicionais. O *e-commerce* causou um grande impacto nessas relações afetando as formas como as organizações lidavam com questões até então perfeitamente conhecidas, impulsionando-as a se adaptarem frente a esse novo cenário. Hoje temos inúmeras lojas virtuais comercializando uma diversidade de produtos e serviços. No entanto, desafios surgiram a partir dessa nova modalidade. A logística é citada como uma das maiores dificuldades enfrentadas pelo *e-commerce* e impulsionou as empresas a buscarem alternativas para melhorar esse entrave, visando estabelecer um diferencial em relação à concorrência.

À medida que o *e-commerce* cresce, e sua curva de crescimento está cada vez mais ascendente, a demanda por serviços eficientes de entrega de encomendas também cresce. Para atender a logística do *e-commerce* de forma satisfatória é necessário planejamento eficiente dessa etapa. Por outro lado, se esse serviço apresenta custos muito elevados, torna-se inviável a competitividade entre o comércio tradicional e o eletrônico na medida em que esses custos são repassados para o consumidor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O século XXI, intitulado como o século do entretenimento como se referiram alguns estudiosos de redes sociais, enquadra-se neste momento, como sendo um ambiente criativo que gera negócios e quebra paradigmas.

Segundo Steven Johnson (2012) vive-se em um ambiente virtual no qual as instituições são frutos de uma rede social, sendo necessário a todo momento interagir para que boas ideias se transformem em inovações. Esse fato é decorrente de grandes mudanças proporcionadas pelo advento da tecnologia e suas inovações. Steven Johnson relata que o mentor do mundo virtual, Tim Berners-Lee, dedicou-se por cerca de dez anos a um projeto do qual pouco vislumbrava uma efetiva utilização e pertinência ao contexto de comunicação marcado pelos anos 90: a Internet.

Com a contribuição de outras ideias e de participação de outras instituições, deflagrou-se o fim do estágio de incubação do projeto da Internet. Tal fato exemplifica a importância das interações de ideias entre sistemas institucionais e estratégicos que, na visão amplificada de Steven Johnson, se conceitua como uma “rede líquida” capaz de interagir e aglutinar mais ideias e mais oportunidades de inovação por meio da participação de muitas pessoas, centros de pesquisa, empresas, interações em redes sociais, pensadores e criadores de ideias inovadoras.

No contexto das descobertas que saíram do estágio de incubação e que se encontram em fase de maturação considera-se a solidez do ambiente virtual que promoveu um novo valor de negócio voltado para perspectivas da comunicação, de processo comercial, de serviços, de cooperação e de comunidade.

O mundo virtual possibilitou trocas de informações, produtos e serviços a partir da interação entre vários atores sociais, governamentais, públicos e privados responsáveis pela criação de diversas modalidades de negócios virtuais. São modalidades que estendem o conceito

de comércio e que possibilitam o rompimento de fronteiras e barreiras e aproximam ambientes com ideias que são motores para novas criações de mercado.

Turban (2004) descreve que o *e-commerce* consiste em um novo ambiente e modelo de negócio. Para tanto, requer o suporte de tecnologias de infraestrutura de redes de computadores e internet. Dentro do contexto dessa perspectiva, a comunicação consiste na distribuição de produtos, serviços, informação ou pagamentos por meio de redes de computadores ou outros meios. Por parte da perspectiva de processo comercial, destaca-se a aplicação de tecnologia da informação para automação de transações e do fluxo de trabalho. Relecionado aos serviços, o *e-commerce* configura-se como uma ferramenta que satisfaz a necessidade de empresas, consumidores e administradores quanto à diminuição de custos e à elevação nos níveis de qualidade e agilidade de atendimento. Enfim, na perspectiva de cooperação e comunidade, o *e-commerce* torna-se instrumento de mediação inter e intracooperativa dentro das organizações, além de possibilitar um ponto de encontro para membros da comunidade possam aprender, realizar negócios e cooperar mutuamente (TURBAN,2004).

2.1 Comércio Eletrônico e os Processos de Negócio

As organizações inseridas em ambientes de alta turbulência mercadológica percebem a importância da implementação de novos modelos de negócio aderentes às estratégias de atuação e ganho de vantagem competitiva por meio da superioridade sobre os modelos de negócio tradicionais. Por isso, a análise da intensidade com que o *e-commerce* permeia as organizações tem absorvido as ferramentas e soluções da Tecnologia da Informação em seus processos de negócio, de forma aderente e coerente com a própria definição de *e-commerce* (ALBERTIN, 2004).

Rockart e Short (1991), citados por Albertin (2004), afirmam o surgimento de novas organizações tendo como princípio, o fim das barreiras internas entre as áreas e processos organizacionais. Da mesma forma, embasam a defesa na queda das barreiras externas entre a organização e seus fornecedores e clientes, além da sobreposição dos processos operacionais decorrentes do ciclo operacional das transações comerciais.

Os novos processos citados por Rockart e Short (1991) são compostos por etapas específicas como: i) desenvolvimento do produto; ii) entrega do produto e, iii) atendimento e serviço ao cliente.

Albertin (2004) exemplifica a classificação de processos e de composição para análise do *e-commerce* pelas organizações de outra forma. A tabela 1 especifica as etapas colocadas pelos autores citados.

Tabela 1: Processos e etapas da estrutura de negócios do comércio eletrônico

Processos	Rockart e Short (1991)	Albertin (2004)
Desenvolvimento de Produto	Fornecedor; Projeto; Engenharia; Compras; Manufatura	Projeto e desenvolvimento de produto e serviço; Engenharia de produto e serviço; Desenvolvimento de fornecedor; Desenvolvimento de linha de produção.
Cadeia de Suprimentos		Administração de estoques e matéria-prima; Solicitação de suprimentos; Recebimento de suprimentos; Realização de pagamento.

Produção	Compras; Manufatura; Distribuição; Vendas.	Planejamento de produção; Logística interna/recurso interno e externo; Controle de produção; Expedição.
Atendimento ao Cliente	Distribuição; Vendas; Serviços; Clientes.	Divulgação de informação sobre produtos e serviços; Seleção de produtos e serviços; Negociação sobre preços e condições; Obtenção de informações sobre necessidades, preferências, perfil, etc.; Recebimento de pedido; Processamento de pedido; Aceitação de pagamento; Distribuição de produtos e serviços; Suporte e utilização de produtos e serviços

A figura 1 retrata a sobreposição de processos definidos pela classificação genérica para os diversos setores das organizações tradicionais e virtuais.

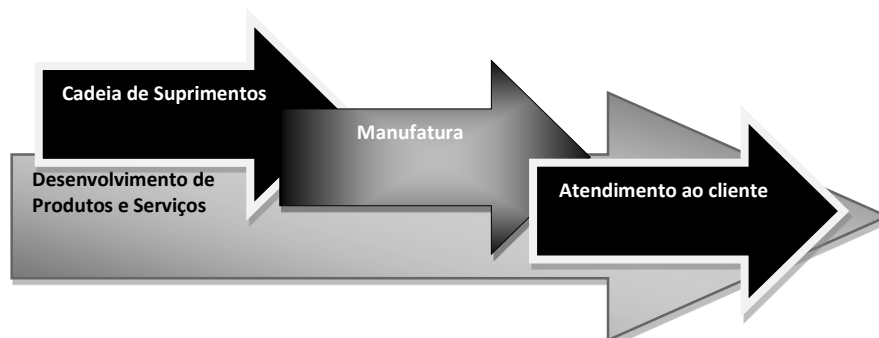


Figura 1: Processos de Negócio

Ressalta-se a evolução dos processos organizacionais e operacionais na visão diferenciada dos autores, em que o processo da Cadeia de Suprimentos surge somente a partir da criação dos sistemas estratégicos específicos para o setor de logística, o *Supply Chain Management*. Desconsidera-se neste artigo a intenção de detalhar tal sistema estratégico especificamente em sua estrutura funcional e operacional.

Considera-se como foco específico o processo de negócio que envolve as etapas de Atendimento ao Cliente no que tange ao tempo que leva um produto a ser entregue ao cliente, a partir da confirmação da compra pela Internet. O que se discute é a importância de processos administrativos e operacionais que conduzam ao sucesso do *e-commerce*. De acordo com pesquisa realizada pelo e-bit¹, em 2010, sobre a "Satisfação do Comércio Eletrônico", pode-se afirmar que a "Pontualidade de Entrega dos Produtos" teve um índice de 9,72% no ranking de importância dos principais itens do comércio eletrônico. A pesquisa tratou os dados de 4.068 respondentes, no período de 01 a 06 de abril de 2010. A figura 2 apresenta os índices referenciados no processo em questão.

¹ Empresa que oferece informações sobre e-commerce no Brasil.

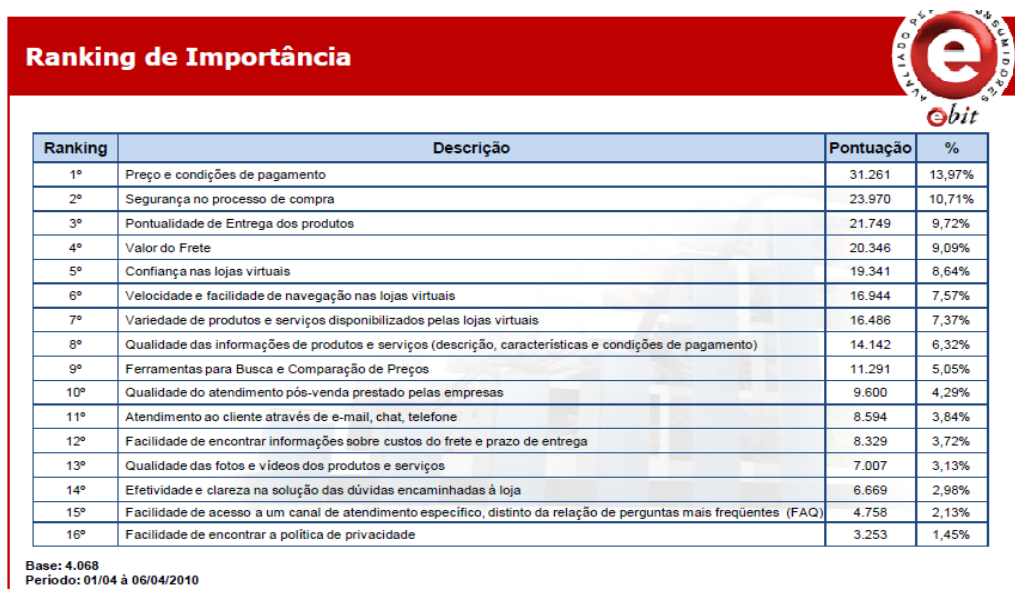


Figura 2: Ranking de Importância

No ranking, o item “Valor do Frete” destaca-se como sendo um dos que mais precisa melhorar, apresentando 3.082 classificações desfavoráveis contra 986 a favor. Ainda, na percepção dos respondentes o valor do frete é ruim (44,06%) e outros consideram que precisa melhorar muito (45%).



Figura 3: Avaliação de possíveis melhoras do Comércio Eletrônico

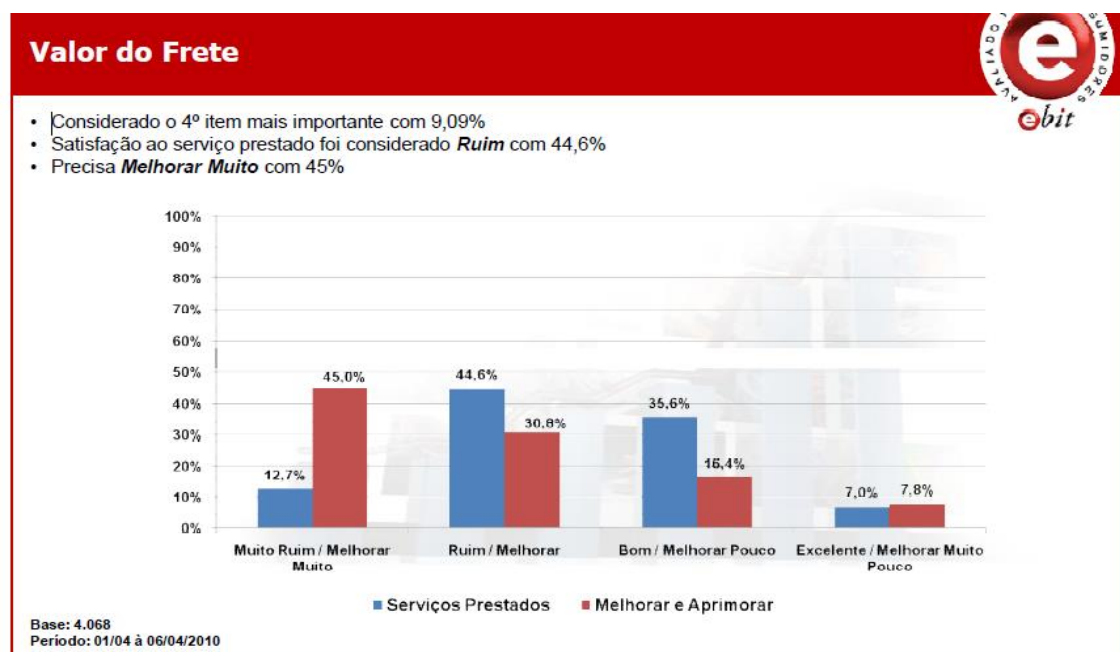


Figura 4: Valor do Frete

2.2 A Organização Virtual

Diante dos índices, ressalta-se a utilização da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), segundo Martineli (2001), sendo atendida pela rápida expansão de equipamentos (computadores e dispositivos de armazenagem de dados) e também aplicações e serviços (desenvolvimento de aplicações e atendimento ao usuário) utilizados pelas organizações para fornecer dados, informações e conhecimento. Para Mauricio, Marôcco e Quintão (2008, p.7), “a TIC adquire importância estratégica para uma empresa a partir do momento em que esta possibilita mudanças na maneira de realizar cada uma das atividades da cadeia de valor”. Dessa forma, a TIC aumenta a eficiência individual e, principalmente, possibilita alteração da natureza das ligações entre as atividades. Complementam os autores (2008, p.8), “a TIC alterou o mundo dos negócios de forma irreversível, pois, desde que foi introduzida sistematicamente, em meados da década de 50, houve uma mudança radical no modo de operar das organizações”. O maior impacto da TIC é ser um meio de diferenciação competitiva, tal como a criação de barreiras de entrada ou elevação dos custos de substituição através dos chamados sistemas estratégicos.

Reserva-se atenção especial para o setor de TIC no que tange aos processos da “Cadeia de Suprimento” e especificamente, no “Atendimento ao Cliente”, mencionados por Albertin (2004) que, inseridos no contexto do *e-commerce* mostram-se como uma das principais estruturas tecnológicas que suportam e operacionalizam as atividades realizadas por meio da Internet. Há de se considerar que todo o processo de transação eletrônica pode ser conquistado com sucesso durante o momento da compra on-line, mas se o processo de entrega ao destinatário não atender as expectativas dos clientes, o descontentamento por parte deste será a única forma de manifestar que o sincronismo, rapidez e qualidade do processo de distribuição de produtos não se realizou a contento.

2.3 Otimização Combinatória e Metaheurística

O levantamento das insatisfações do cliente com relação à logística e o frete e a dificuldade das organizações em obter melhoras nesse setor corrobora a afirmação de Lenstra e Rinnooy-Kan (1981), que classificam essa classe de problemas como de elevada complexidade. Definidos como problemas de otimização combinatória, representam entraves não só para o *e-commerce*, mas também para outras aplicações como a coleta seletiva (Ochi e Zanetti, 2005), sequenciamento de tarefas (Souza, 2009) e entre outras. Devido a sua utilidade tem-se intensificado pesquisas que visam à criação de métodos eficientes para resolver esses problemas.

Uma maneira de resolvê-lo é listar todas as possíveis combinações e selecionar a melhor. Essa estratégia, teoricamente possível, na prática demonstra-se inviável devido ao elevado número de soluções associadas. A fim de viabilizar a geração de soluções exatas também foram desenvolvidos algoritmos exatos que, no entanto, são incapazes de encontrar uma solução ótima em um tempo computacional razoável para grandes instâncias.

Uma saída para amenizar essas limitações tem sido o uso de heurísticas para encontrar soluções boas, que não correspondam a um ótimo global, mas que se aproximem consideravelmente desse, utilizando para isso esforços computacionais suportáveis. Contudo, apresentam como principal inconveniente a dificuldade de escapar de ótimos locais ainda distantes do global. Visando maximizar o desempenho das heurísticas, surgiram as Metaheurísticas, que apresentam capacidade promissora de aproximação dos ótimos globais.

A metaheurística GRASP, proposta por Resende e Feo (1995), consiste em um método iterativo composto por uma fase construtiva e uma busca local. Na construção, uma solução viável é gerada e na busca local um ótimo local na vizinhança da solução inicial é procurada. A fase de construção do GRASP é iterativa, pois uma solução é construída elemento a elemento de forma adaptativa, randômica devido ao caráter aleatório na seleção de seus elementos e gulosa, dada a necessidade de sempre tomar uma decisão baseada na busca de caminhos que levem a solução ótima. Entretanto, a solução gerada pela fase de construção do GRASP não representa necessariamente um ótimo local e torna-se importante aplicar estratégias de otimização por meio da busca local na vizinhança da solução inicial procurando alternativas que possam melhorá-la.

2.4 Problema de Roteamento de Veículos

O problema, proposto por Dantzig e Ramser (1959), conhecido na literatura por Problema de Roteamento de Veículos (PRV), pode ser modelado para o *e-commerce* como um conjunto de n clientes, cada um deles com um ou mais pedidos a serem atendidos. O fornecedor precisa realizar entregas aos clientes, dispostos em diferentes localidades conectadas entre si, visando otimizar as entregas em menor custo de tempo e transporte. Outro agravante diz respeito ao roteamento dos veículos, necessário quando o volume a ser entregue é superior à capacidade de carga do veículo disponível. Nesse caso, a rota do veículo se limita a sua capacidade de carga, gerando outro problema, que é definir de que forma cada cliente será visitado a partir da limitação da frota.

Objetivo dessa proposta é elaborar uma alternativa computacional que possa identificar como todas as demandas existentes possam ser atendidas e paralelamente reduzir a quantidade total de veículos necessários para tal reduzindo o tempo total consumido, buscando ainda obter a rota mais econômica e eficiente.

O modelo matemático que representa o PRV pode ser definido por:

- $G=(V,A)$ Grafo representativo do modelo
- $V=\{v_0;v_1;v_2;\dots;v_m\}$ Conjunto de m vértices (clientes), acrescidos da origem (v_0 - centro de distribuição)
- A_{ij} =Arestas, Representa o custo de deslocamento entre os vértices i e j

Como o PRV é um problema de complexidade elevada sua resolução por meio de métodos exatos fica limitado a quantidade reduzida de clientes e caminhos. A proposta é encontrar uma solução aplicável a instâncias maiores através do uso de metaheurísticas, solucionando o problema de forma otimizada e com qualidade, reduzindo a complexidade, tempo e recursos computacionais necessários para seu processamento.

3 METODOLOGIA

Propõe-se aqui o uso de metaheurística GRASP para encontrar uma solução otimizada para um problema de conexão de caminhos com entrega de itens (PRV) com aplicação relacionada à logística aplicada ao *e-commerce* na modalidade *business to consumer*. Para a implementação do GRASP foram combinadas diferentes estratégias para as fases de construção e busca local, a saber:

Fase construtiva: O objetivo é determinar uma solução que conecte todos os clientes em uma única rota válida, a partir da qual se fará o roteamento dos veículos que atenderão as demandas. Para encontrar essa solução inicial foram implementados os algoritmos ADD, ADDR.

ADD - inserção mais próxima: método que procura determinar o melhor vértice adjacente ao vértice atual para ser inserido na solução corrente. Inicialmente define-se uma solução parcial onde somente o centro distribuição (CD) é inserido na rota. A seguir, incrementalmente, outros vértices são selecionados para inserção, a partir do critério de economia proporcionada ao ser inserido na rota. Todos os vértices fora da solução são avaliados e ordenados pela menor distância entre eles e, o último vértice adicionado. O vértice escolhido e inserido na solução é aquele que proporcionar menor aumento ao custo da rota, ou seja, o mais econômico. O próximo candidato a entrar na solução será aquele que represente o menor custo de conexão com o aquele inserido na interação anterior. A cada inserção o método é reiniciado e procura-se novamente que vértice adjacente e fora da solução possui menor custo de deslocamento. Essa etapa termina quando todos os vértices forem inseridos na solução.

Na figura 5 pode ser observado o caminho construído para conexão dos vértices do grafo. A solução parcial, inicialmente constituída somente pelo centro de distribuição CD, é incrementada passo a passo, através do critério de inserção ADD. Os vértices não pertencentes à solução parcial são adicionados um a um a partir do critério de economia e ao final a solução, CD - 1 - 2 - 3 - 4 - CD, indica uma rota que conecta todos os vértices do problema.

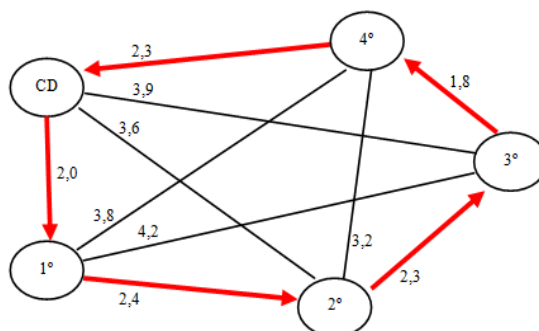


Figura 5: Exemplo da construção ADD

ADDR - Inserção mais próxima randomizada GRASP - Devido ao fator aleatório do GRASP, esse método permite que novas soluções iniciais sejam geradas a cada execução, facilitando que se investigue outro espaço de vizinhanças na busca por soluções melhores para o PRV. A intenção do método é escapar de soluções locais de baixa qualidade. Para inserir a característica aleatória do GRASP no ADD, optou-se por elaborar uma lista de todos os vértices candidatos a entrarem na solução, ordenada por custo e desta elegeu-se os três vértices mais econômicos. Um deles selecionado aleatoriamente para ser inserido na solução parcial.

Fase de busca local: A partir das soluções iniciais construídas na fase anterior, essa fase estabelece o roteamento dos vértices por veículo, roteando os veículos através da rota elaborada na solução inicial.

Busca Local com Parada Prematura: A partir da solução inicial, o método verificará qual é a demanda de cada vértice para distribuí-la em rotas de entrega. A busca varre todos os vértices da solução inicial, comparando-os com a capacidade restante do veículo. Para definir a associação de um vértice com um veículo é necessário testar se a capacidade de carga restante no veículo é compatível com a demanda do vértice, caso seja menor ou igual à capacidade de carga do veículo, o mesmo ficará encarregado de visitar o cliente e que passa a ser marcado como atendido, caso contrário, a rota é finalizada com o retorno ao centro de distribuição e uma nova rota passa a ser construída, partindo da origem para o vértice atual, repetindo-se o processo até que todos os clientes sejam atendidos.

O exemplo ilustrado na Figura 6 mostra como a distribuição dos veículos se dá posteriormente a definição da solução inicial que conecta todos os vértices. No caso, foram necessários três veículos para atender todas as demandas sem extrapolar as restrições de carga e ao mesmo tempo procurando minimizar a distância percorrida por cada veículo.

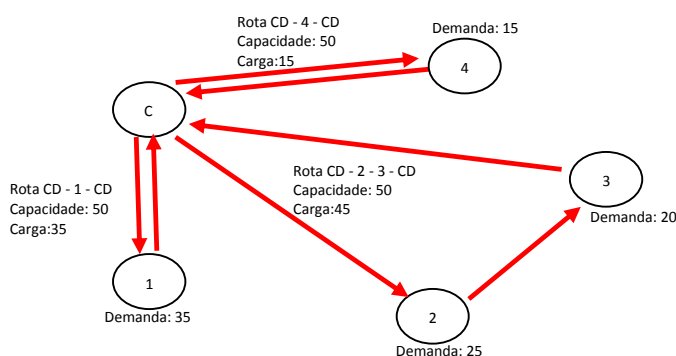


Figura 6: Exemplo de busca local com parada prematura

Busca Local com Varredura: O que diferencia esse método do anterior é o critério de finalização da rota de um veículo. Na parada prematura, a finalização de uma rota e, retorno ao centro de distribuição se faz quando o veículo não é capaz de absorver a demanda do próximo vértice candidato. No método de busca local com varredura, se a demanda de um vértice não pode ser absorvida pelo veículo, o método continua varrendo todos os demais vértices ainda não atendidos, seguindo a ordem da solução inicial, buscando aqueles que possam ser encaixados na rota. A finalização de uma rota só será feita após testar todos os vértices com demanda em aberto ou quando a capacidade do veículo estiver esgotada.

A Figura 7 mostra a distribuição dos veículos por meio do critério de varredura e nesse caso, foram necessários dois veículos para atender as demandas, no entanto, uma vez que cada veículo pode vir a visitar mais vértices, a distância percorrida pelos veículos passa a ser aumentada.

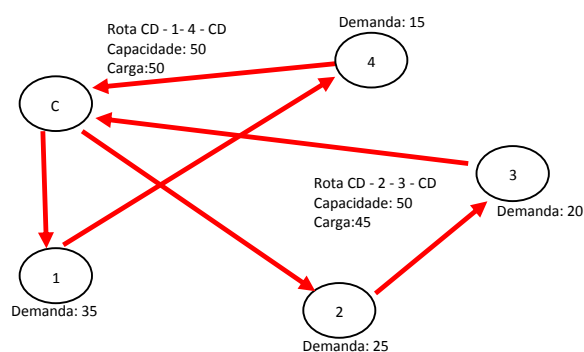


Figura 7: Exemplo de busca local com varredura

Refinamento da solução: Partindo de uma solução viável obtida pela combinação das fases anteriores, tenta-se melhorar a qualidade final do roteamento através do método DROP, que consiste na troca sistemática entre vértices de rotas diferentes, retirando um vértice de uma rota e buscando outra que tenha a capacidade de absorver a sua demanda. Para tal, duas versões diferentes foram testadas, o Drop simples e o com permutação. No Drop Simples um veículo recebe o novo vértice e no Drop com permutação, ocorre uma troca entre os vértices de duas rotas distintas. A intenção do Drop é permitir que a solução se adapte à capacidade limitada dos veículos, verificando possibilidade de eliminar uma rota da solução, distribuindo sua demanda entre as demais.

4 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os algoritmos foram implementados na linguagem C e testes foram realizados para avaliar o desempenho de todas as combinações algorítmicas. A fim de poder comparar as propostas, problemas-teste foram elaborados a partir da construção de uma matriz de distâncias, gerada a partir de sorteio de coordenadas dentro de uma malha quadriculada e as distâncias entre os clientes foram calculadas através da norma euclidiana.

Na realização dos testes, foram utilizadas as seguintes configurações:

- Capacidade de carga do veículo: 50;

- Total de vértices: 100 (instâncias pequenas) / 500 (instâncias médias) / 1000 (instâncias grandes);
- Número de execuções testadas para de cada combinação: 100;
- Combinações algorítmicas: ADD,Parada Prematura,DROP / ADD,Varredura,DROP / ADDR,Parada Prematura,DROP / ADDR,Varredura,DROP.

A comparação dos resultados obtidos nas 100 execuções de uma mesma combinação não apresentou grandes distorções quando comparados entre si, demonstrando a capacidade de convergência para soluções de qualidade semelhante em um mesmo procedimento algorítmico. Também foram realizadas comparações entre as diferentes combinações para determinar a qualidade dos resultados. Para fins de exemplificação selecionamos os melhores resultados de cada uma das combinações e as representamos nas tabelas a seguir:

Tabela 2: Resultados-Instâncias Pequenas

ADDR+Parada Prematura	Antes do DROP	Depois do DROP
Média Distância Total	6283,10	7102,90
Quantidade de Veículos	70	60

Tabela 3: Resultados-Instâncias Médias

ADDR+Parada Prematura	Antes do DROP	Depois do DROP
Média Distância Total	41746,77	44355,78
Quantidade de Veículos	328	288

Tabela 4: Resultados-Instâncias Grandes

Add+Parada Prematura	Antes do DROP	Depois do DROP
Média Distância Total	72740,97	80026,28
Quantidade de Veículos	654	565

A partir da avaliação dos resultados obtidos podemos concluir que o método de Varredura ADDR+DROP não apresentou resultados significativos, tendo demonstrado um aumento médio de 1% na distância total percorrida e nenhuma mudança no total de veículos quando comparado ao Varredura ADDR sem DROP. O método de Varredura ADD+DROP apresentou aumento médio de 2,5% na distância percorrida para as instâncias pequenas e grandes e diminuição de 0,8% para as médias. A quantidade de veículos permaneceu inalterada.

5 RESULTADOS

A análise do desempenho dos algoritmos combinados mostra que houve uma diminuição significativa no número total de viagens necessárias quando se utilizou o método ADD e o ADDR associados à busca local com Parada Prematura. Em contrapartida, em geral, a distância total percorrida pelos veículos aumentou, fato plenamente justificável visto que o veículo deverá passar por mais clientes ao atender as demandas. Esse aumento pode ser relevado pela redução dos custos fixos da empresa a partir da diminuição do número de viagens, levando a redução de gastos com manutenção, funcionários, etc, influenciando diretamente na redução dos custos empresariais.

A partir disso, pode-se concluir que os métodos adotados para resolver o PRV são eficientes para redução de custos em logísticas, tanto para empresas de *e-commerce* quanto para empresas de transporte que visam não só diminuir a sua frota, mas também diminuir gastos operacionais.

6 IMPLICAÇÃO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi utilizar técnicas heurísticas de construção e busca local na elaboração de rotas eficientes para o problema de conexão de caminhos e roteamento de veículos a fim maximizar o potencial da logística das organizações. A logística representa um problema de elevada complexidade e relevância para o *e-commerce*, visto que compromete o atendimento ao cliente de forma satisfatória, impactando no despacho das mercadorias, nos prazos de entrega, na interrupção de processos produtivos.

Identificar rotas e deslocamento de veículos por meio da implementação de soluções tecnológicas eficientes que calculam as rotas de forma otimizada, visa eliminar o processo lento de entrega de pedidos e substituir processos de entrega sem percalços, demoras e rupturas na distribuição gerando assim, a dinâmica operacional com a automação do modo de operação. A questão inerente a este artigo trata o ponto do *e-commerce* identificado nas pesquisas do e-bit "Satisfação no Comércio Eletrônico", cujo item mais desfavorável foi o tempo de entrega e valor do frete refletido no cliente.

A contribuição da solução proposta é, portanto, acelerar a entrega e reduzir custos que possam onerar as etapas essenciais nas transações comerciais realizadas via internet. Os procedimentos de construção de caminhos propostos permitem que se construa uma rota que visite todos os vértices do problema, isto é, todos os pontos onde as entregas serão realizadas e, partir dessa rota inicial, definir combinações de sub-rotas que possam ser atendidas por um único veículo com o objetivo de minimizar a frota necessária e a distância total percorrida.

Para avaliar se a proposta seria capaz de obter resultados satisfatórios foram realizados testes computacionais extensivos, aplicados a instâncias pequenas, médias e grandes construídas aleatoriamente, de forma a verificar se o método se adapta a qualquer entrada de dados. A partir desses testes, as diferentes combinações dos algoritmos propostos foram comparadas e foi possível identificar as vantagens de cada uma das versões.

Ao final desse trabalho foi constatado que uma significativa melhoria no roteamento pode ser obtida por meio da utilização das versões algorítmicas propostas, que podem ser aplicadas para otimizar o total de veículos necessários à logística, bem como minimizar à distância total percorrida no processo, assim, os algoritmos se mostraram promissores para potencializar soluções para o problema proposto.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTIN, A. L. Comércio Eletrônico: Modelo Aspectos e Contribuições. São Paulo: Atlas. 2000.
2. DANTZIG, G. B.; RAMSER, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. Management Science 6, 1, p. 80-91.
3. E-BIT. Pesquisa de Satisfação do Comércio Eletrônico. 2012.

4. LENSTRA, J. K.; RINNOOY-KAN, A. H. G. Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks* 11, p. 221-227. 1981.
5. MARTINELLI, R. M. F. Tecnologia da Informação na Construção do Conhecimento: Uma Abordagem a Partir do Modelo de Nonaka & Takeuchi. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001.
6. MAURICIO, J. S.; MARÔCCO, A. P.; QUINTÃO P. L. A Tecnologia da informação e comunicação (TIC) na Gerência de Informações do Call Center. ISSN 1981. 2008.
7. OCHI, L. S.; ZANETTI, M. C. V. Desenvolvimento e Análise Experimental da Heurística Grasp Aplicada a um Problema de Coleta Seletiv. XXXVII SBPO, Gramado. 2005.
8. RESENDE, M. G. C.; OCHI, L. S. O. Greedy Randomized Adaptative Search Procedures. *Journal of Global Optimization* 6, p. 109-133. 2009.
9. SOUZA, M. J. F. Algoritmos eficientes para problemas de sequenciamento de tarefas em máquinas com penalidade por antecipação e atraso de produção. Pós-Doutorado, UFF. 2009.
10. TURBAN, E., KING, D. Comércio Eletrônico: Estratégia e Gestão. Tradução de Arlete Simille Marques. São Paulo: Prentice Hall. 2004.