

## **Algoritmos Genéticos Aplicados a Gestão da Carteira de Clientes e Gerenciamento do Schedule Diário da Força de Vendas Bancária via Web**

**Autoria:** Ricardo Soares Bôaventura, Christina Testa Marques, Keiji Yamanaka, Miriellen Augusta da Assunção

O Problema da definição do Schedule diário dos funcionários para realizar a venda de produtos é de importância estratégica para as empresas, pois, minimiza o custo com as visitas realizadas e aumenta o lucro. Este problema enfrentado pelas empresas de vendas é semelhante ao caixeiro viajante e multi-rotas de veículos na área da ciência da computação. O caixeiro viajante é considerado um problema de otimização que consistem em procurar uma rota que possua a menor distância, começando em qualquer cidade e visitando as demais cidades somente uma vez retornando ao ponto de partida. Já o problema de multi-rotas de veículos tem como objetivo encontrar rotas que partem de uma localização (depósito) passando por um conjunto de pontos de entrega e retorne ao depósito, minimizando: número de veículos, distância percorrida e o tempo gasto. O problema proposto consiste em juntar essas duas técnicas e desenvolver um sistema capaz de descobrir diariamente a melhor rota a ser construída para visitar os clientes de uma empresa. A rota sempre iniciará em um ponto de partida (residência do funcionário, hotel ou empresa), passando por alguns clientes e retornando novamente ao centro inicial da rota. Para encontrar a melhor rota o sistema permitirá aos gerentes de contas escolherem quais grupos de clientes desejam visitar inserindo características como: localização (cidade, bairro, CEP), intervalos reais do faturamento (R\$) e da rentabilidade (R\$) do cliente e data da última visita. Com base nessas informações o sistema calcula a rota levando em consideração as distâncias reais informadas via serviços Web do Google. O sistema foi desenvolvido utilizando as técnicas de algoritmos genéticos para encontrar as melhores rotas. Os algoritmos genéticos é uma técnica de busca aleatória utilizada na ciência computação que permite encontrar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca. Esse algoritmo é uma subclasse dos algoritmos evolutivos que usam técnicas que estão relacionadas a área da biologia evolutiva como: mutação, seleção natural e cruzamento. O sistema de Gestão da Carteira de Clientes e Gerenciamento do Schedule Diário da Força de Vendas Bancária pode ser acessado via Web e os resultados da roteirização são apresentados no sistema utilizando o Google Maps. Nas simulações realizadas no sistema apresentaram resultados satisfatórios com a realidade e o sistema poderá ser utilizado pelas empresas como um mecanismo automatizado para auxiliar na tomada de decisão.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o grande aumento das compras realizadas por clientes seja na loja física e Internet as empresas necessitam procurar soluções que melhorem as suas operações internas. Com a otimização dessas operações as empresas conseguem agregar valor aos produtos e/ou serviços sem aumentar demasiadamente os custos internos e conseqüentemente aumentar a satisfação dos clientes os quais estão cada vez mais exigentes.

Um dos principais focos operacionais das empresas está na estruturação de como serão feitas as entregas de produtos. Segundo Bowersox e Closs (1997), o transporte de mercadorias contribui, em média, com a maior porcentagem de custo do que qualquer outra atividade realizada dentro da empresa.

Para Carvalho et al. (2007), a logística tem como objetivo diminuir as dificuldades encontradas entre a produção de bens e/ou serviços e a necessidade de consumo uma vez que os recursos necessários para a produção e os consumidores podem estar geograficamente distantes. E segundo Ballou (2006), a missão da logística é entregar os produtos ou serviços certos nos lugares certos, no momento certo, e nas condições desejadas. Para conseguir respeitar essas variáveis se faz necessário uma análise adequada de informações como o tempo de viagem, quantidade de visitas ou entregas de produtos máximas, peso excedente e espaço ocioso. Porém sabe-se que os consumidores estão cada vez mais questionadores e esperam que o tempo acordado seja respeitado e o produto seja entregue em condições perfeitas. Esses pontos formam um grande diferencial para que a empresa aumente e mantenha a sua carteira de clientes.

Segundo Novaes (1989) e Kaiser (2007), o principal problema de empresas na área de logística associada ao transporte é o roteamento de veículos cujo objetivo é encontrar um conjunto de rotas que partem de um único depósito para vários pontos de entrega com a característica de minimizar a distância total percorrida. Segundo Bodin et al. (1983), Neto; Lima (2005), os problemas de roteirização podem ser classificados em três grupos: problemas de roteirização pura de veículos (PRV), problemas de programação de veículos e tripulações (PRVT); e problemas combinados de roteirização e programação de veículos.

Para Neto e Lima (2005), o problema de roteirização pura de veículos é do tipo espacial em que existe um conjunto de nós (clientes) e um conjunto de arcos (ruas) que serão visitados por um grupo de veículos. O objetivo é definir uma sequência de rotas que cada veículo deve seguir a fim de se atingir a minimização do custo de transporte. Entre os problemas de roteirização pura de veículos destacam-se o problema do caixeiro viajante e o de múltiplos caixeiros viajantes (CHRISTOFIDES, 1979). Os de programação de veículos e de tripulações são problemas de roteirização com restrições relacionadas aos horários de parada para almoço e aspectos relacionadas à natureza trabalhista (NETO; LIMA, 2005). Por fim, o problema de roteirização e programação de veículos considera um número de pontos para atendimento e uma ou mais janelas de tempo durante o qual o serviço pode ser executado. Portanto, qualquer rota que seja criada pelo sistema deve obedecer e assegurar que a entrega do produto respeite intervalo de horário estabelecido pela empresa.

Os métodos encontrados na literatura para solucionar esses problemas podem ser classificados em cinco classes: heurísticos, meta-heurísticos, programação matemática, simulação e os métodos baseados em inteligência artificial (CONCEIÇÃO ET AL., 2004).

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema denominado, Gestão da Carteira de Clientes e Gerenciamento do Schedule Diário da Força de Vendas Bancária baseado no método de inteligência artificial. O sistema proposto permite aos usuários escolherem quais grupos de clientes desejam visitar inserindo características como: localização (cidade, bairro, CEP), intervalos reais do faturamento (R\$) e da rentabilidade (R\$) do cliente e data da última visita. Após inserir as variáveis o sistema calcula a melhor rota

(uso da técnica de algoritmos genéticos) baseada nas distâncias extraídas dos serviços do Google Maps e apresenta ao gerente de relacionamento no formato de mapas geográficos informados pelo Google Maps.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: na Seção 02 são apresentados a caracterização do problema e as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema. A Seção 03 apresenta o modelo do algoritmo genético implementado para encontrar as rotas. A Seção 04 apresenta uma visão geral da base de dados e dos três módulos do sistema proposto. A Seção 05 apresenta dois experimentos realizados no sistema. E a Seção 06 apresenta as considerações finais.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E MÉTODOS

O Problema da montagem do Schedule diário dos gerentes de contas para a venda de produtos é de difícil solução computacional, pois para tal, são necessários diversos parâmetros de entrada. O sistema proposto é semelhante ao problema do caixeiro viajante e ao problema de roteirização de veículos e pode ser descrito da seguinte forma: dado uma central de partida (*residência do funcionário, hotel ou empresa*) e vários clientes ligados à central de partida e entre si através de vários caminhos com custos diferentes (*distâncias reais em quilometragem*), o objetivo é descobrir a cada dia da semana a melhor rota a ser construída por um gerente de conta da instituição financeira, que saia do ponto de partida, visite alguns clientes e retorne para o ponto de partida novamente.

Para análise do modelo proposto, utilizou-se de dados de um banco financeiro, com uma carteira de 150 clientes localizados no estado da Bahia nas cidades de Salvador, Catu, Pojuca, Lauro de Freitas e Simões Filho. Os dados do banco e dos clientes foram preservados e não serão apresentados no corpo do trabalho.

Para a gerenciamento de clientes, a referida instituição financeira classifica os clientes em quatro grupos:

- *Cientes*: são empresas que possuem serviços com o banco;
- *Potenciais*: são empresas que podem vir a ser futuros clientes;
- *Obrigados a visitar*: são empresas que não podem deixar de serem visitadas durante a semana ou mês;
- *Visitados*: são empresas que já foram visitadas e não precisam ser incluídas no processo de visita dependendo da data da última visita e da frequência determinada pela empresa ;

A instituição financeira possui as seguintes informações de cada cliente:

- *Dados pessoais*: nome, CNPJ;
- *Endereço*: nome da rua, número, bairro, CEP, cidade e estado;
- *Dados gerais*: valor do faturamento mensal, valor da rentabilidade mensal e data da última visita.

Durante o processo de montagem do *Schedule* os gerentes de conta da instituição financeira podem desejar construí-lo diariamente, semanalmente ou mensalmente bastando informar o número de dias que deseja roteirizar. Para cada dia os gerentes também informam quantos clientes deseja que sejam visitados em um único dia. Caso o gerente esteja fora de seu local de trabalho ele deverá informar se usar-se-á diária e qual o valor da mesma, se usar-se-á locomoção e qual o valor do km/l que foi pago ao abastecer o veículo e se necessitará de alimentação e qual foi o valor pago pela refeição/dia. É importante que os dados sejam informados pois estes serão utilizados para o cálculo das despesas com a visita. Sabe-se também que a instituição financeira informa aos seus gerentes de contas que existem clientes que são obrigatórios a serem visitados.

As tecnologias utilizadas para a construção de um sistema que permite ao usuário: alterar o ponto de partida, carregar nova base de clientes, consultar os dados dos clientes e montar o *Schedule* de visitas por dia. A aplicação de gerenciamento de *Schedule* diário da força de venda bancária pode ser acessada via Web. A aplicação foi desenvolvida utilizando a IDE NetBeans 6.7.1. A linguagem de programação utilizada foi o Java para o processamento do algoritmo genético e para conexão com banco de dados e apresentação das informações via Web foi desenvolvida na linguagem JSP e Javascript. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados utilizado foi o PostgreSQL 8.3. A geração dos mapas foi feita pela API do Google Maps.

### 3. MODELAGEM DO ALGORITMO GENÉTICO

Para encontrar a melhor *Schedule* para o gerente de conta do banco foi usada a técnica de Algoritmos Genéticos que é um método de busca aleatória utilizada na ciência computação que permite encontrar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca. Esse algoritmo é uma subclasse dos algoritmos evolutivos que usam técnicas que estão relacionadas a área da biologia evolutiva como: mutação, seleção natural e cruzamento (MITCHELL, 1996; TANG ET AL., 1996; GOLDBERG, 1989; HAUPT; HAUPT, 2004). O Algoritmo Genético é dividido nas seguintes partes:

- Representação do indivíduo e geração da população inicial;
- Representação da função de avaliação;
- Utilização dos operadores genéticos;

#### 3.1. Representação do indivíduo

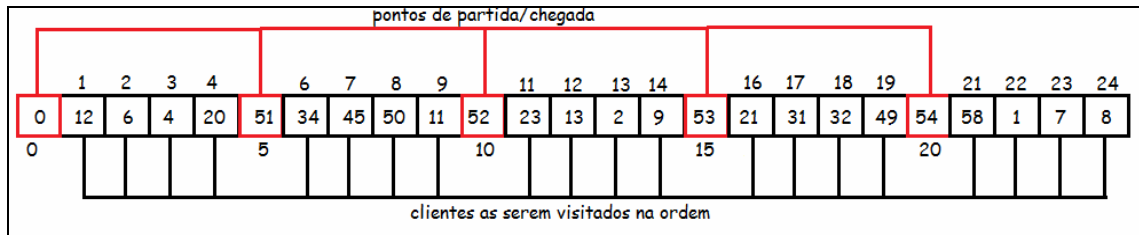
Para o Algoritmo Genético conseguir encontrar a melhor rota, inicialmente deve-se representar os indivíduos. Cada indivíduo é uma possível solução de rota. Neste problema a representação dos indivíduos é similar ao caixeiro viajante representado por um vetor de inteiros. Cada posição do vetor está associado a um cliente do espaço de busca (BRYANT; BENJAMIN, 2000).

Neste trabalho proposto a representação do vetor foi dividido em duas partes: pontos de partidas/chegada e clientes. A Figura 01 mostra uma representação do indivíduo com as seguintes características:

- O gerente de conta quer visitar 4 clientes/dia
- O gerente de conta deseja montar a rota para 5 dias;
- O gerente de conta possui uma carteira com 50 empresas;
- Os clientes classificados na categoria “*obrigados a visitar*” devem estar na representação do indivíduo;

Neste exemplo os clientes são representados por números de 1 a 50 e os pontos de partidas/chegadas são representados pelos números: 0, 51, 52, 53 e 54 (logicamente os pontos de partidas/chegadas são os mesmos porém recebem números diferentes para encontrar a melhor rota). Deve-se salientar que na geração da população os indivíduos são gerados aleatoriamente. Cada ponto no vetor representa um cliente e este também está ligado uma latitude e uma longitude no espaço geográfico informados pelo Google Maps.

A distância que será percorrida pelo gerente de conta é a somatória das distâncias entre cada posição do vetor, e é dado pela Equação 01.



**Figura 01:** Representação do indivíduo do trabalho proposto

$$dist\ \hat{a}nciaTotal = \sum_{i=0}^{totalPosi\c{c}o\tilde{e}s-2} dist\hat{a}ncias(i, i+1)$$

**Equa\c{c}\~{a}o 01:** C\~{a}lculo da dist\hat{a}ncia total da ser percorrida

em que:

- *totalPosi\c{c}o\tilde{e}s* representa o total de posi\c{c}o\tilde{e}s que existe no vetor que representa o indiv\~{i}duo;
- *i* representa a posi\c{c}o\tilde{e} corrente;
- *dist\hat{a}ncia(i, i+1)* representa a dist\hat{a}ncia entre a posi\c{c}o\tilde{e} *i* e a posi\c{c}o\tilde{e} *i + 1* que ser\~{a} informada pelo Google Maps;

### 3.2. Representa\c{c}\~{a}o da fun\c{c}\~{a}o de Avalia\c{c}\~{a}o

A cada gera\c{c}\~{a}o, os indiv\~{i}duos s\~{a}o avaliados por meio de uma fun\c{c}\~{a}o que mede a qualidade da solu\c{c}\~{a}o representada por este indiv\~{i}duo. A fun\c{c}\~{a}o de avalia\c{c}\~{a}o do trabalho proposto \~{e} representada pela Equa\c{c}\~{a}o 02.

$$f = -\gamma * custo + \delta * faturamento + \pi * rentabilidade$$

**Equa\c{c}\~{a}o 02:** Fun\c{c}\~{a}o de avalia\c{c}\~{a}o do indiv\~{i}duo

em que:

$$custo = n\hat{u}meroDias * (valorDi\hat{a}ria +$$

- *Custo* \~{e} dado por:  $valorAlimenta\c{c}\~{a}o + \frac{dist\hat{a}nciaTotal * valorLitro}{quantidadeKM / Litro}$
- *Faturamento* \~{e} dado por:  $faturamento = \sum_{i=1}^{totalClientes} valorFaturamentoCliente$
- *Rentabilidade* \~{e} dada por:  $rentabilidade = \sum_{i=1}^{totalClientes} valorRentabilidadeCliente$
- $\gamma$ ,  $\delta$  e  $\pi$ : s\~{a}o pesos que variam entre 0 e 1,0. S\~{a}o informados pelo gerente de conta que pode levar em considera\c{c}\~{a}o somente \~{a} dist\hat{a}ncia ou faturamento ou rentabilidade ou uma mixagem dos tr\~{e}s pesos.

### 3.3. Operadores gen\~{e}ticos

Os operadores genéticos utilizados para a construção do *Schedule* diário de um determinado gerente de conta são:

- Operadores de seleção: método por roleta e o método por torneio de 2 (FILLITO, 2008).
- Operadores de cruzamento: método por *PMX* e o método Cíclico (SILVA; OLIVEIRA, 2006);
- Operadores de mutação: método de Inversão e método de Swap (SOUZA, 2004);
- Operadores de reinserção da população para a próxima geração utilizado foi o método de *rank*, em que os indivíduos são ordenados em ordem decrescente e os *n* melhores são selecionados para passarem para a próxima geração.

A mutação é realizada com uma probabilidade *pm*, onde a troca dos genes são feitas. O cruzamento opera sobre dois indivíduos. Ele divide, com uma probabilidade *pc*, ambas as rotas em um ponto e as mistura, gerando dois novos indivíduos. Os operadores de cruzamento utilizados não resultam em nenhum momento em indivíduos inválidos.

#### **4. APLICAÇÃO DE GERENCIAMENTO DE SCHEDULE DIÁRIO DA FORÇA DE VENDA BANCÁRIA**

O sistema é composto por uma base que armazena os dados da carteira de cliente e por três módulos: módulo de cadastro de endereço, de consultas diversas e módulo de criação de roteamento.

##### **4.1. Base de dados**

O sistema permite através de um banco de dados inserir informações dos funcionários (matricula e nome), endereço de partida (rua, bairro, cidade, estado, CEP, latitude e longitude) do gerente de conta. É importante salientar que o gerente pode cadastrar somente um endereço de partida, caso o mesmo deseje cadastrar outro endereço ele deverá alterar o já cadastrado.

Cada gerente de conta possui uma carteira de clientes (CNPJ, nome, rua, bairro, cidade, estado, CEP, valor do faturamento, valor da rentabilidade, data da ultima visita, status do cliente, latitude e longitude). Serão armazenadas as distâncias reais entre o endereço de partida e todos os clientes do funcionário e entre todos os clientes do gerente com o ponto de partida e também as distâncias reais entre todos os clientes. Estas distâncias reais serão informadas pela API do Google Maps. A Figura 02 mostra a representação do modelo lógico do banco de dados desenvolvido para armazenar as informações oriundas do arquivo.

##### **4.2. Módulo de cadastro**

O gerente de conta inicialmente deverá cadastrar no sistema informando os dados pessoais o endereço de partida para poder acessar a Intranet. A Figura 03 mostra a tela de cadastro do endereço de partida/chegado do gerente de conta da instituição financeira. A Intranet permite alterar o endereço cadastrado, carregar a base de dados e gerar o roteamento. No *link* para carregar os clientes o usuário deverá informar o arquivo informado pelo banco o qual será carregado e submetido. Por fim, o sistema carregará a carteira do cliente e calculará todas as distâncias do ponto de partida com os clientes, entre os clientes e dos clientes com o ponto de partida, armazenando essas informações na base de dados.



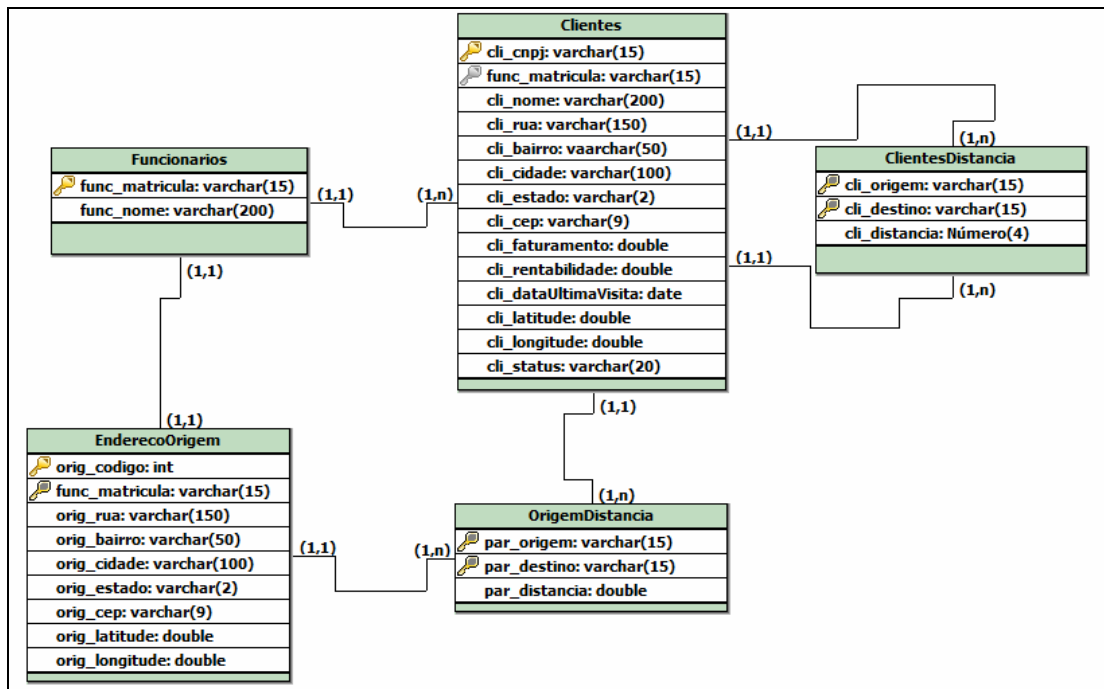


Figura 02: Modelo lógico do banco de dados

A interface de usuário apresenta uma barra de navegação com as opções: Alterar endereço, Carregar Clientes, Consultar Clientes, Gerar roteamento e Creditos. Abaixo, o formulário 'Dados Pessoais' contém campos para Matricula e Nome. O formulário 'Endereço de Partida' contém campos para Rua, Cidade, CEP, Bairro e Estado (Alagoas). Botões de ação incluem 'Enviar dados', 'Limpar dados' e '[Voltar]'.

Figura 03: Tela de cadastro do endereço de partida/chegada

### 4.3. Módulo de consultas

Depois de carregado a base de dados o sistema permite realizar dois tipos de consultas como:

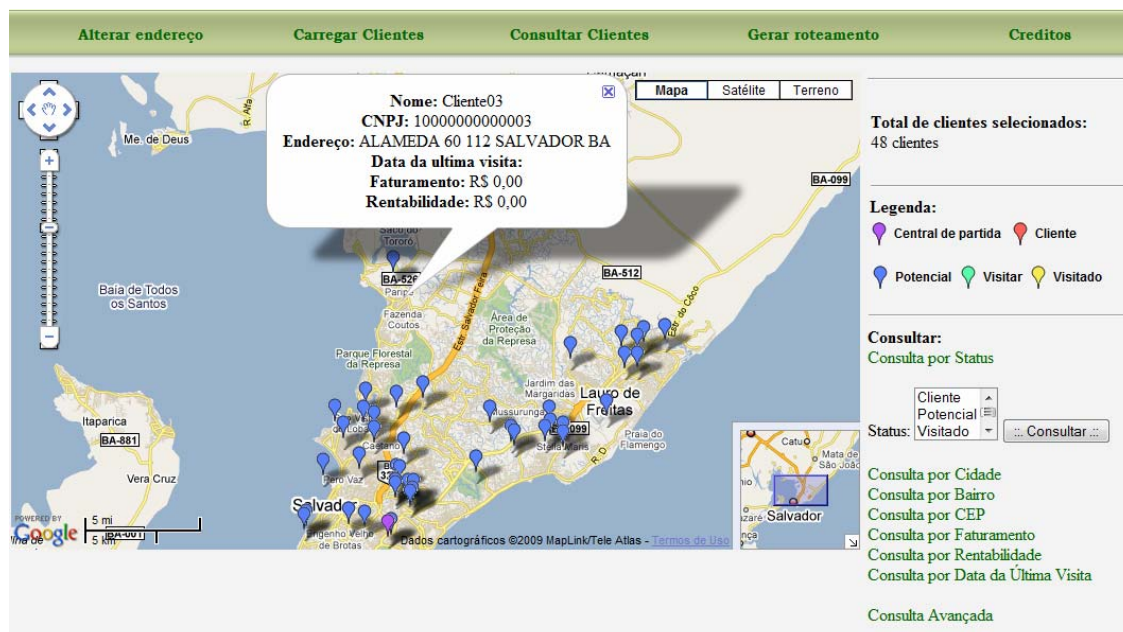
- *Consultas Simples:* selecionar clientes por status, ou por bairro, ou por cidade, ou por CEP, ou por rentabilidade, ou por faturamento ou por data da última visita;
- *Consultas Personalizadas:* selecionar clientes por status, cidade, bairro, CEP, rentabilidade, faturamento e data da última visita;

Juntamente com essas consultas o gerente de relacionamento poderá através do mapa visualizar a localização geográfica dos clientes. Ao clicar no cliente aparecerá uma ficha detalhada. Além disso, o gerente de relacionamento poderá dar *Zoom* no mapa, escolher a opção de: mapa, satélite ou terreno. A Figura 04 mostra uma consulta em que o gerente de conta escolheu somente os clientes em potenciais localizados na cidade de Salvador.

#### 4.4. Módulo de roteamento

Como as informações estão cadastradas no sistema o usuário poderá escolher quaisquer tipos de clientes para fazer parte do roteiro de visitas. A Figura 05 mostra a visão geral do módulo de roteamento. O módulo de roteamento é dividido em quatro sub-módulos:

- *Sub-módulo de inserção de parâmetros iniciais* como: número de indivíduos, número de gerações, taxa de cruzamento, taxa de mutação, tipo de seleção (roleta ou torneio de 2), tipo de cruzamento (PMX ou cíclico) e tipo de mutação (*Swap* ou inversão);
- *Sub-módulo de inserção de despesas com a visita* como: número de dias, número de clientes visitados/dia, valor da diária, valor do quilômetro/litro, valor da alimentação;
- *Sub-módulo de inserção de pesos iniciais* como por exemplo: se o gerente deseja criar um roteiro de visita que leve em consideração somente a distância entre os clientes deve-se zerar peso do faturamento e da rentabilidade. Se o gerente deseja visitar clientes com maior faturamento deve-se zerar o peso da distância e da rentabilidade;
- *Sub-módulo de inserção de restrições* em que o gerente poderá escolher qual o perfil dos clientes que deseja visitar como: status do cliente, cidade, bairro, CEP, intervalo de rentabilidade, intervalo de faturamento e intervalo da data da última visita.



**Figura 04:** Clientes somente potenciais pertencentes à carteira de clientes do funcionário



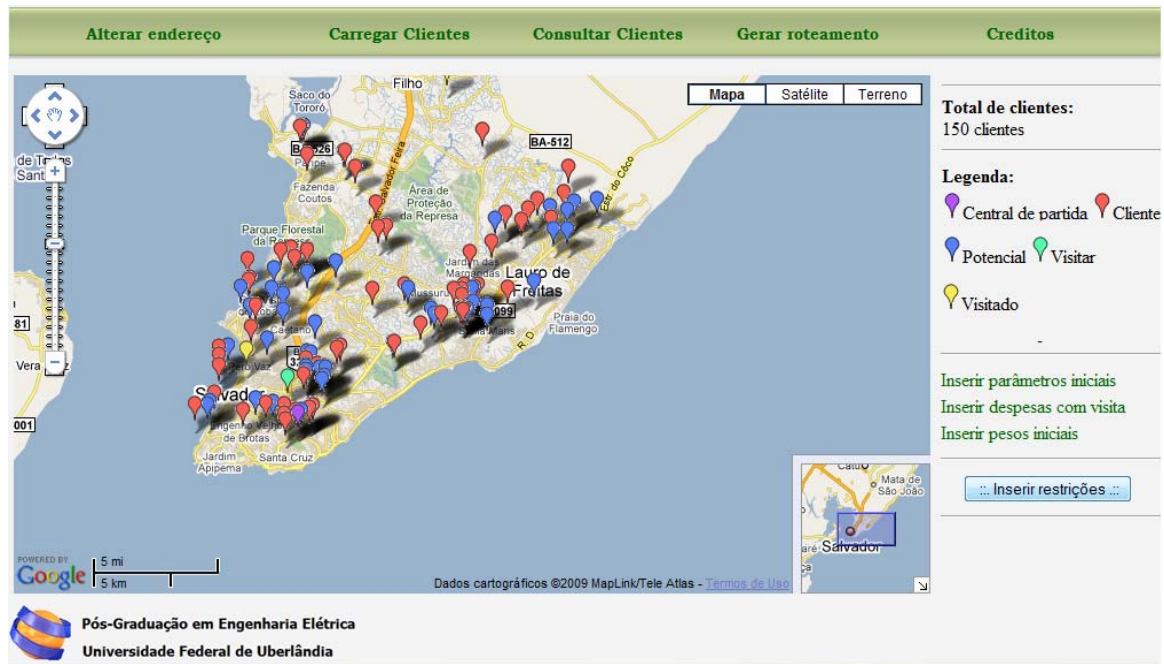


Figura 05: Visão geral do módulo de roteamento

## 5. RESULTADOS ENCONTRADOS

No presente artigo serão apresentados resultados de dois experimentos apresentados pela instituição financeira em estudo.

### 5.1 Resultados do experimento 01

No experimento 01 foram inseridas as seguintes informações:

- Número de dias: 5;
- Número de clientes a serem visitados por dia: 5;
- Usará diária, locomoção e alimentação;
- Levará em consideração somente a distância entre os clientes, o peso do faturamento e rentabilidade foram anulados;
- Foram selecionados somente os clientes com status (cliente, potencial e visitar) da cidade de Salvador/BA;

A Figura 07 mostra o roteiro dos 5 dias e com 5 clientes/dia. Cada dia possui um roteiro de visita, caso o usuário deseja verificar o mapa, basta clicar em “*ver roteamento do dia*”, caso o gerente de conta deseja remover alguns clientes do rota calculada por algum motivo o usuário deverá escolher a opção “*Remover clientes*”.

Após excluir os clientes o gerente de conta submete novamente essas informações para o sistema e o mesmo encontra outros tipos de rotas, sem os clientes informados pelo usuário anteriormente.

Alterar endereço		Carregar Clientes		Consultar Clientes		Gerar roteamento		Creditos	
Cliente	Endereço	Rentabilidade	Faturamento	Status					
<b>Dia: 1 – Ver roteamento do dia</b>									
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
Cliente44	DR. ARTUR NAPOLEAO CARNEIRO REGO,08 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 108.721,44	Cliente					
Cliente40	CLARIVAL DO PRADO VALLADARES,317 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente69	RUA ARISTIDES FRAGA LIMA, 177 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente39	CLARIVAL DO P VALLADARES,279 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente80	Rua da Alfazema, 761 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 69.186,37	Cliente					
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
<b>Dia: 2 – Ver roteamento do dia</b>									
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
Cliente94	RUA ESPERANCA,59 - Santa Cruz SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente24	Av. Antonio Carlos Magalhaes, 3363 SALVADOR BA	R\$ 321,34	R\$ 654.611,38	Visitar					
Cliente133	RUA PROFESSOR SA NUNES,58 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente99	RUA JAQUEIRA DO CARNEIRO, 22 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente14	AV MANOEL DIAS DA SILVA, 1227 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
<b>Dia: 3 – Ver roteamento do dia</b>									
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
Cliente152	TRAVESSA CRISTOVAO FERREIRA, 9 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 197.675,34	Cliente					
Cliente121	RUA ONZE DE NOVEMBRO,902. SALVADOR BA	R\$ 120,50	R\$ 49.418,83	Cliente					
Cliente128	RUA PERNAMBUCO,81 SALVADOR BA	R\$ 32,46	R\$ 29.651,30	Cliente					
Cliente56	RUA 22 DE MAIO 12 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente98	RUA HAECKEL JOSE DE ALMEIDA 47 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Cliente					
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
<b>Dia: 4 – Ver roteamento do dia</b>									
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
Cliente20	AV TANCREDO NEVES,1615 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 128.488,97	Cliente					
Cliente34	AV DORIVAL CAYMMI,10 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 44,48	Cliente					
Cliente93	RUA ENGENHEIRO EROCIANO C. NEVES,100 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 34.593,18	Cliente					
Cliente57	RUA ADRIANO J DOS SANTOS,41 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 97.849,29	Cliente					
Cliente135	RUA PROFESSORA CANDOLINA CERQUEIRA,320 SALVADOR BA	R\$ 276,99	R\$ 227.326,64	Cliente					
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
<b>Dia: 5 – Ver roteamento do dia</b>									
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								
Cliente15	AV OCTAVIO MANGABEIRA, 1155 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 118.605,20	Cliente					
Cliente33	Av. Tancredo Neves, 960 SALVADOR BA	R\$ 0,12	R\$ 798.148,67	Cliente					
Cliente90	RUA DO TIMBO,534 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Potencial					
Cliente148	TANCREDO NEVES,1283 SALVADOR BA	R\$ 0,00	R\$ 118.605,20	Potencial					
Cliente74	RUA BELA VISTA,140 - Uruguaí SALVADOR BA	R\$ 73,61	R\$ 336.048,07	Cliente					
Ponto de partida	Av. Manoel Dias da Silva, 997 Nordeste Salvador BA 41830-000								

Relatório do roteamento		Gerar novo roteamento	
Custo total das visitas:	R\$ 526,23		
Distância percorrida:	140,40 Km	<input style="width: 100px;" type="button" value=" &lt;&lt; Alterar parametros iniciais "/> <input style="width: 100px;" type="button" value=" &lt;&lt; Alterar restrições "/>	
Faturamento total:	R\$ 2.968.974,36		
Rentabilidade total:	R\$ 825,02		
		<input style="width: 100px;" type="button" value=" Alterar roteamento "/>	
		<input style="width: 100px;" type="button" value=" Remover clientes &gt;&gt; "/>	


Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Uberlândia

Figura 06: Resultado do Experimento 01

## 5.2 Resultados do experimento 02

No segundo estudo de caso apresentado pela agencia financeira mostrou que um gerente de conta em um dia visitou clientes das cidades de Catu e Pojuca no estado da Bahia tendo como ponto de partida um hotel de Salvador (hotel não foi informado). Porém esse mesmo gerente de relacionamento informou que visitou 10 clientes em um dia totalizando 249 quilômetros rodados. Além disso, o gerente de relacionamento deixou de visitar um cliente em Catu e um cliente em Pojuca que eram obrigados a serem visitados pois estes

tenham sido indicados pelo banco. Portanto o banco não sabe qual o motivo do gerente de conta não ter visitado esses dois clientes, pois o mesmo não inseriu nenhuma observação no sistema.

O mesmo caso foi simulado no sistema desenvolvido. Como entrada foram submetidos 34 clientes das cidades de Catu e Pojuca, os quais seriam selecionados 10 clientes que deveriam ser visitados em um dia. Como não tinha a referência do hotel que o gerente de conta ficou hospedado para o teste foi inserido no sistemas um hotel localizado no sul de Salvador, ou seja, o hotel mais distante de Pojuca e/ou Catu.

Essas informações foram inseridas no sistema e solicitado ao algoritmo genético que calculasse a melhor rota. Como resultados todos os clientes obrigados pela instituição financeira a serem visitados foram inseridos no roteiro. O sistema informou ainda que o gerente de conta gastaria num total de 239 quilômetros. O resultado apresentado pelo sistema apresentou um ganho de 10 quilômetros rodados e além disso os dois clientes que deveriam ser visitados estavam na rota do gerente de conta. Ou seja, o modelo proposto possibilitou tanto uma econômica de recursos financeiros, uma vez que houve redução no total de quilômetros rodados, quanto uma melhor gestão da carteira de cliente do banco, pois forneceu ao gerente de conta um roteiro que otimizou seu tempo e portanto o permitiu visitar todos os clientes da rota, inclusive os prioritários que não haviam sido atendidos na primeira rota traçada pelo gerente de conta.

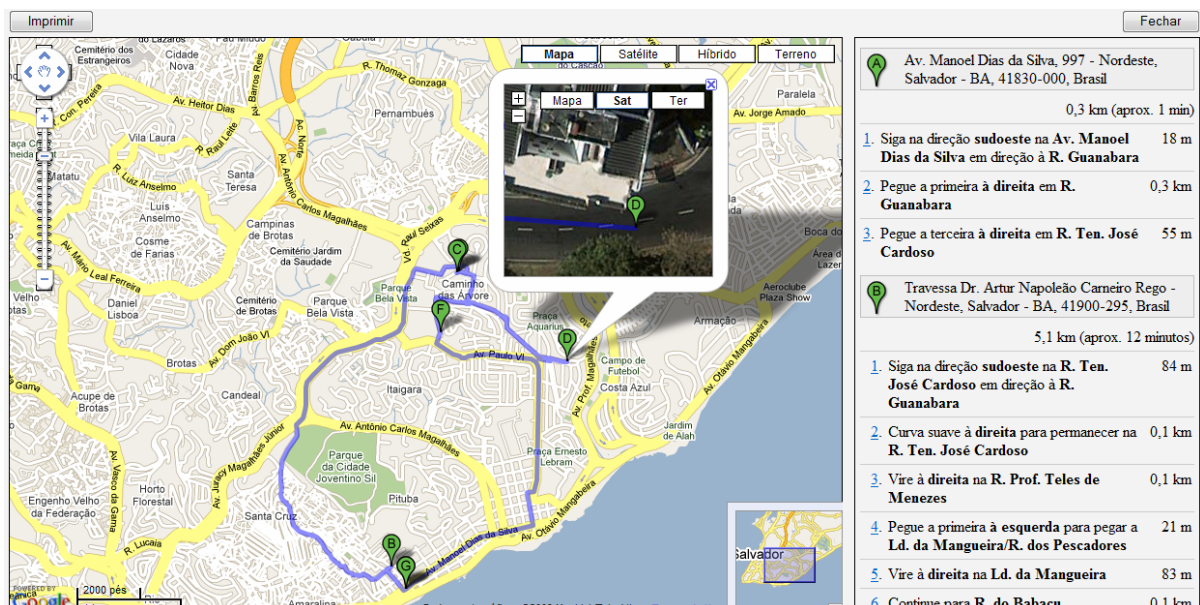


Figura 07: Resultado do roteamento do dia 02 através do mapa informado pelo Google Maps

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de gestão de carteira de clientes e gerenciamento do *Schedule* diário da força de vendas bancária em todos os casos informados pelo banco mostrou resultados iguais e melhores ao aplicados pelos gerentes de conta, obedecendo as restrições impostas pelos gestores da instituição analisada.

Os problemas apresentados pelo banco como: alto custo da viagem; alta quilometragem rodada e clientes que são obrigatórios a serem visitados e não estão sendo visitados, foram



sanados com a construção de um sistema que permite o banco gerenciar as atividades dos gerentes de relacionamento.

O sistema ao gerar o roteamento diário da semana de um cliente permite:

- O usuário inserir e/ou excluir os clientes que por algum motivo não pode recebê-lo durante a semana;
- Os clientes que são obrigados a serem visitados são inseridos no roteiro dos gerentes de contas para que os mesmos realizem a visita na semana;
- O sistema exibe a localização geográfica de todos os clientes dos gerentes de contas, facilitando sua localização.

Portanto, o modelo proposto facilita a tomada de decisão do gestor, pois lhe fornece a melhor rota a ser traçada pelo gerente de conta, considerando inclusive possíveis restrições e clientes prioritários, que merecem maior atenção da instituição financeira. Não se trata de uma ferramenta estática, pois permite que o usuário insira ou exclua os clientes a serem visitados dado alguma alteração inesperada, e é de fácil visualização, uma vez que se utiliza da ferramenta de mapas do Google, amplamente conhecida e utilizada.

Vale ressaltar que a utilização de algoritmos genéticos, aplicados neste caso para solucionar um problema bancário, pode ser empregado em outras empresas, que tenham como problema a otimização da força de vendas, por meio da definição de um melhor roteiro, que considere além das questões geográficas, outros aspectos fundamentais para a gestão da carteira de clientes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. 5a ed. Porto Alegre: Bookman. 2006.
- BODIN, L. D. & GOLDEN, B., ASSAD, A. & BALL, M. Routing and scheduling of vehicle and crews: the state of the art. *Computers and Operations Research*, v. 10, n. 2, p.63-211, 1983.
- BOWERSOX, D. J. e CLOSS, D. J. Brazilian Logistics: A Time for Transition. *Gestão e Produção*, v. 4, n. 2, 1997.
- BRYANT K. E BENJAMIN A. Genetic Algorithms and the Traveling Salesman Problem. In. Harvey Mudd College, Department of Mathematice, 2000
- CARVALHO R. B., OLIVEIRA L. C. e JAMIL, G. L. Gestão da Informação aplicada à logística: Estudo de caso de uma grande Agroendústria Brasileira, Anais do VIII ENANCIB – Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação, Salvador, 2007.
- CONCEIÇÃO S. V., NETO, A. S. V., NASCIMENTO, E. S., ALMEIDA, H. M., FILHO, L. B., PEDROSA, L. H. C. e SILVA, M. V. Impactos da utilização de roterização de veículos em um centro de distribuição: um estudo de caso. Anais do XXIV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2004.
- CHRISTOFIDES, N. The Traveling Salesman Problem. *Combinatorial Optimization*. Wiley Chichester, p. 131 – 149, 1979.
- GOLDBERG D. E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 1989.
- FILITTO D. Algoritmos Genéticos: Uma visão exploratória. *Revista Multidisciplinar da Uniesp*. n. 6, pp: 136-143, 2008.
- HAUPT R. L. e HAUPT S. E. *Practical genetic algorithms*. 2nd edition, Wiley-Interscience Publication. ISBN: 0-471-45565-2, 2004.

- KAISER M. S., PRATA. P. A. e RIBEIRO G. M. Análise Comparativa entre o TransCad e Heurísticas de Agrupamento e de Roteamento de Veículos. Anais do XXI ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, 2007.
- MITCHELL, M. An Introduction to Genetic Algorithms. First MIT Press paperback. ISBN: 0-262-13316-4, 1996.
- NETO A. F., e LIMA R. S. Roteirização de Veículos de uma rede atacadista com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Anais do XXV ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2005.
- NOVAES, A.G. Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição de Produtos, Edgard Blucher, São Paulo, 1989.
- SILVA, A. F. e OLIVEIRA, A. C. Algoritmos genéticos: alguns experimentos com os operadores de cruzamento (“Crossover”) para o problema do caixeiro viajante assimétrico. Anais do XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2006.
- SOUZA, D. O. Algoritmos Genéticos aplicados ao planejamento do transporte principal da madeira. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2004.
- TANG, K. S., MAN, K. F., KWONG S. e HE Q., Genetic Algorithms and their Applications. IEEE Signal Processing Magazine, 1996.