

# ALGORITMOS GENÉTICOS APLICADOS A GESTÃO DA CARTEIRA DE CLIENTES E AO GERENCIAMENTO DO PROGRAMA DIÁRIO DA FORÇA DE VENDAS BANCÁRIA VIA WEB

## GENETIC ALGORITHMS APPLIED TO MANAGEMENT OF CUSTOMER PORTFOLIO AND MANAGEMENT OF THE DAILY SCHEDULE OF THE BANK SALES FORCES BY VIA WEB

### **Ricardo Soares Boaventura**

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Avançado Uberlândia, Brasil

Endereço: Rua Blanche Galassi, 150. CEP: 38411-104. Uberlândia, Brasil. Fone: +55(34) 3221-4800

Email: ricardoboaventura@iftm.edu.br - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3773892676183244>

### **Christina Testa Marques**

Escola Superior de Administração, Marketing e Comunicação de Campinas, Brasil

Endereço: Av. Vasconcelos Costa 270. CEP 38400-448 Uberlândia, Brasil. Fone: +55 (34) 3291-2828

Email: christina.testa.marques@gmail.com - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2267486621720812>

### **Keiji Yamanaka**

Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121. CEP 38400-902 Uberlândia, Brasil. Fone: +55(34)32394738

Email: keiji@ufu.br - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9893612181758615>

### **Miriellen Augusta da Assunção**

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Avançado Uberlândia, Brasil

Endereço: Rua Blanche Galassi, 150 Uberlândia, CEP: 38411-104. Fone +55 (34) 3221-4800

Email: miriellen@iftm.edu.br - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7019446789076176>

**Submissão:** 18 Out. 2012 **Aprovação:** 30 Nov. 2012. **Última revisão:** 14 Dez. 2012. **Publicação:** 30 Dez. 2012. **Sistema de avaliação:** *Double blind review*. Centro Universitário UNA, Belo Horizonte -MG, Brasil. Editor geral Prof. Dr. Mário Teixeira Reis Neto, Co editora Prof<sup>a</sup>. Dra. Wanyr Romero Ferreira

Este artigo encontra-se disponível no endereço eletrônico:  
<http://revistas.una.br/index.php/reuna/article/view/497>

### **Resumo**

O Problema da definição do programa diário dos funcionários para venda de produtos é estrategicamente importante para as empresas, pois minimiza custo, aumenta eficiência e lucro. Esse problema é semelhante ao caixeiro viajante e multirrotas de veículos na área da computação, com o diferencial de selecionar clientes de acordo com a maior rentabilidade e estratégias da empresa. O objetivo é descobrir diariamente a melhor rota a ser construída para visitar os clientes sempre iniciando e retornando ao ponto de partida (residência, hotel ou empresa). O sistema proposto foi desenvolvido utilizando as técnicas de algoritmos genéticos e pode ser acessado via Web. A saída do sistema apresentada aos funcionários está interligada ao Google Maps.

**Palavras-chaves:** Algoritmo genético; Problema de roteamento; Vendas bancárias.

## Abstract

The problem of definition of the Daily Schedule employees to sell products is strategically important for companies because minimizes cost, increases efficiency and profit. This problem is similar the multi-traveling salesman and vehicles, with the differential of selecting clients according the higher profitability and strategies. The daily goal is to discover the best route to be built for visiting clients always starting and returning to the starting point. The proposed system was developed using the techniques of genetic algorithms and can be accessed via Web and is linked to Google Maps.

**Keywords:** Genetic algorithms; Routing problem; bank sales.

## 1. Introdução

Com o grande aumento das compras realizadas por clientes, seja na loja física ou na 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, faz-se necessária uma análise adequada de informações como o tempo de viagem, quantidade de visitas ou entregas de produtos máximas, peso excedente e espaço ocioso. Porém se sabe 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 relacionados 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 as quais 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 Programa 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 apresentadas 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 programa 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 o gerenciamento de clientes, a referida instituição financeira classifica os clientes em quatro grupos:

- *Clientes*: 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 programa, 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 desejam que sejam visitados em um único dia. Caso o gerente esteja fora de seu local de trabalho, ele deverá informar se usará diária e qual o valor da mesma; se usará 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 de serem visitados.

As tecnologias utilizadas para a construção de um sistema permitem ao usuário: alterar o ponto de partida; carregar nova base de clientes; consultar os dados dos clientes; e montar o programa de visitas por dia. A aplicação de gerenciamento de programa 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 o melhor programa para o gerente de conta do banco, foi usada a técnica de Algoritmos Genéticos que é um método de busca aleatória utilizada na ciência da 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 à 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. Nesse problema, a representação dos indivíduos é similar ao caixeiro viajante representado por um vetor de inteiros. Cada posição do vetor está associada a um cliente do espaço de busca (BRYANT; BENJAMIN, 2000).

Neste trabalho proposto, a representação do vetor foi dividida em duas partes: pontos de partidas/chegada e clientes. A FIG. 1 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.



**FIGURA 1:** Representação do indivíduo do trabalho proposto

Fonte: elaborado pelos autores

Nesse 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 informado pelo Google Maps.

A distância que será percorrida pelo gerente de conta é a somatória das distâncias entre cada posição do vetor e é dada pela Equação 1:

$$distânciaTotal = \sum_{i=0}^{totalPosições-2} distância(i, i+1) \quad (1)$$

em que:

- *totalPosições* representa o total de posições que existe no vetor que representa o indivíduo;
- *i* representa a posição corrente;
- *distância(i, i+1)* representa a distância entre a posição *i* e a posição *i + 1* que será informada pelo Google Maps.

### 3.2. Representação da função de Avaliação

A cada geração, os indivíduos são avaliados por meio de uma função que mede a qualidade da solução representada por esse indivíduo. A função de avaliação do trabalho proposto é representada pela Equação 02.

$$f = -\gamma * custo + \delta * faturamento + \pi * rentabilidade \quad (2)$$

em que o Custo (Equação 03), Faturamento (Equação 04) e Rentabilidade (Equação 05) é dado por:

$$custo = númeroDias * (valorDiária + valorAlimentação) + \frac{distânciaTotal * valorLitro}{quantidadeKM / litro} \quad (3)$$

$$faturamento = \sum_1^{totalClientes} valorFaturamentoCliente \quad (4)$$

$$rentabilidade = \sum_1^{totalClientes} valorRentabilidadeCliente \quad (5)$$

$\gamma$ ,  $\delta$  e  $\pi$ : são pesos que variam entre 0 e 1,0. São informados pelo gerente de conta que pode levar em consideração somente a distância ou o faturamento ou a rentabilidade ou uma mixagem dos três pesos.

### 3.3. Operadores genéticos

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

- Operadores de seleção: método por roleta e o método por torneio de 2 (FILITTO, 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 utilizada 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*, na qual 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 mistura-as, gerando dois novos indivíduos. Os operadores de cruzamento utilizados não resultam em nenhum momento em indivíduos inválidos.

## 4. Aplicação de gerenciamento do programa diário da força de venda bancária

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

### 4.1. Base de dados

A FIG. 2 mostra a representação do modelo lógico do banco de dados desenvolvido para armazenar as informações oriundas do arquivo.

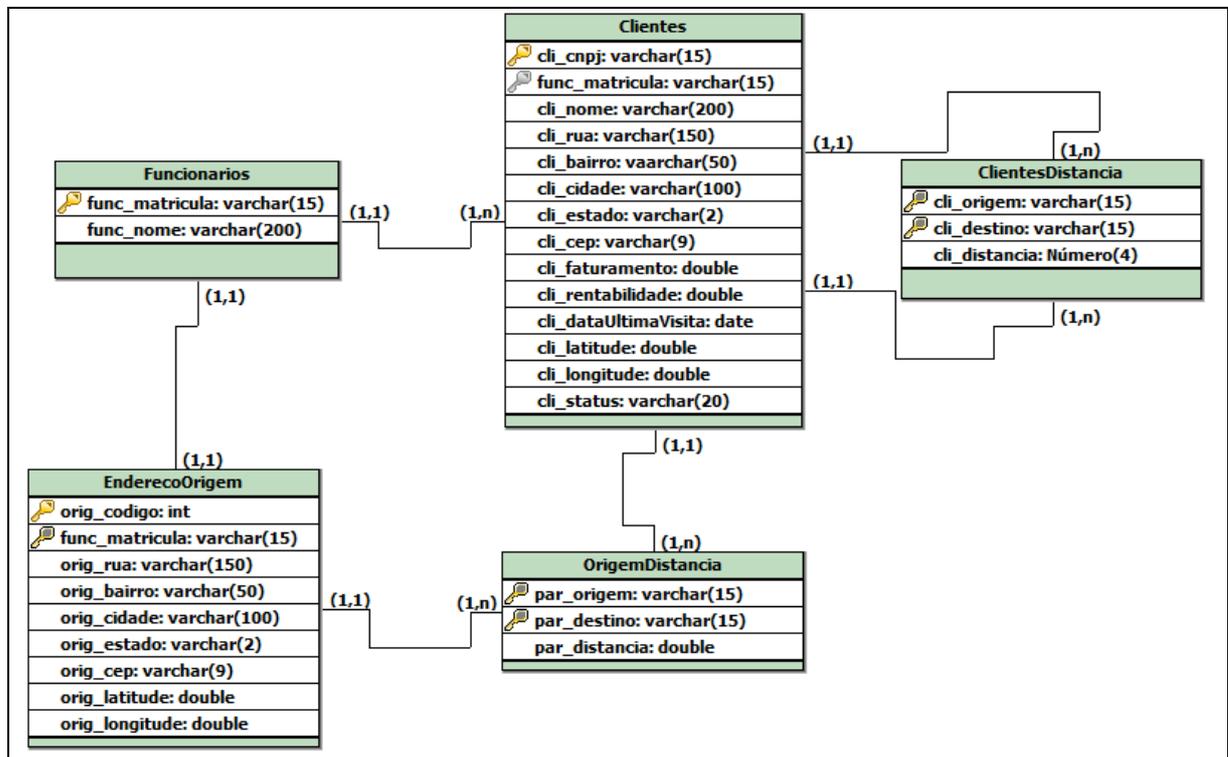


FIGURA 2: Modelo lógico do banco de dados

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 última visita, status do cliente, latitude e longitude). Serão armazenadas as distâncias reais entre o endereço de partida e todos os clientes do funcionário; entre todos os clientes do gerente e o ponto de partida; e também as distâncias reais entre todos os clientes. Essas distâncias reais serão informadas pela API do Google Maps.

### 4.2. Módulo de cadastro

O gerente de conta inicialmente deverá cadastrar no sistema, informando os dados pessoais e o endereço de partida para poder acessar a Intranet. A FIG. 3 mostra a tela de cadastro do endereço de partida/chegada do gerente de conta da instituição financeira.

**FIGURA 3:** Tela de cadastro do endereço de partida/chegada

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 cadastrar 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 aos clientes, entre os clientes e dos clientes ao ponto de partida, armazenando essas informações na base de dados.

#### 4.3. Módulo de consultas

A FIG. 4 mostra uma consulta em que o gerente de conta escolheu somente os clientes em potencial localizados na cidade de Salvador.

**FIGURA 4:** Clientes somente potenciais pertencentes à carteira de clientes do funcionário

Fonte: elaborado pelos autores

Depois de carregada 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.

#### 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 FIG. 5 mostra a visão geral do módulo de roteamento.

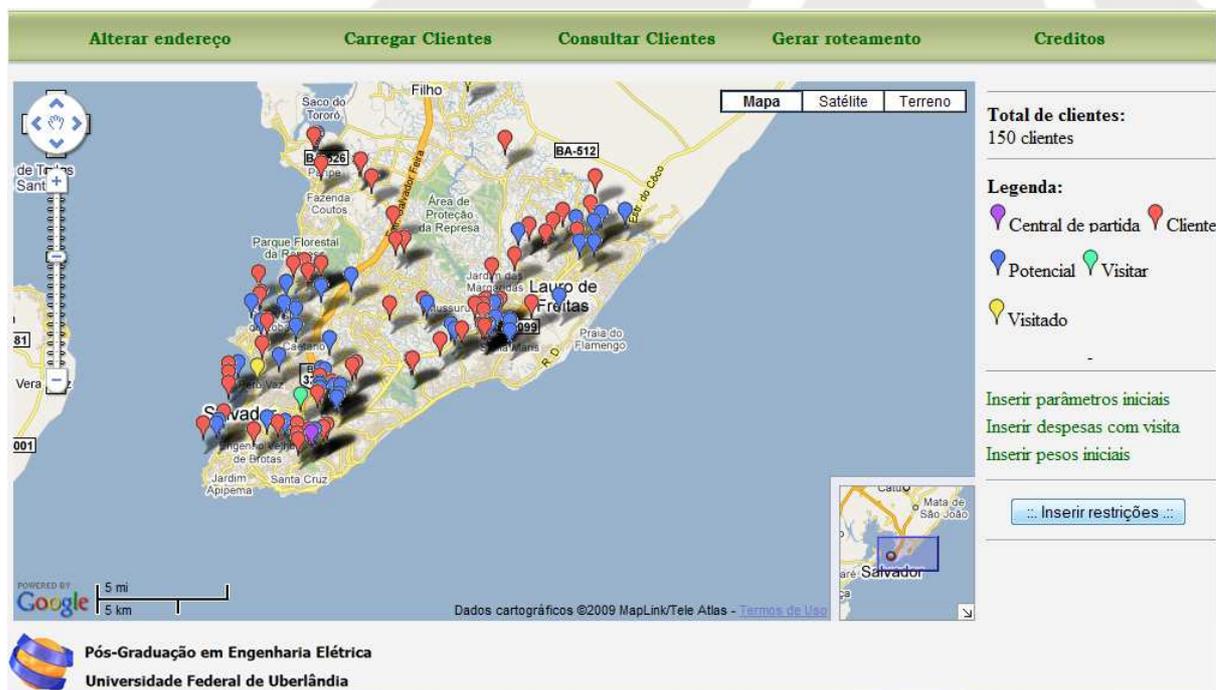


FIGURA 5: Visão geral do módulo de roteamento

Fonte: elaborado pelos autores

O módulo de roteamento é dividido em quatro submódulos:

- *Submódulo 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);
- *Submódulo 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;

- *Submódulo 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 zerar peso do faturamento e da rentabilidade. Se o gerente deseja visitar clientes com maior faturamento, deve zerar o peso da distância e da rentabilidade;
- *Submódulo 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.

## 5. Resultados encontrados

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

### 5.1 Resultados do experimento 1

No experimento 1, 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 a rentabilidade foram anulados;
- Foram selecionados somente os clientes com status (cliente, potencial e visitar) da cidade de Salvador/BA;

A FIG. 6 mostra uma pequena parte (Dia 1 e 2) do roteiro dos 5 dias e com 5 clientes/dia. Cada dia possui um roteiro de visita, caso o usuário deseje verificar o mapa, basta clicar em “*ver roteamento do dia*”; caso o gerente de conta deseje remover alguns clientes do rota calculada por algum motivo, o usuário deverá escolher a opção “*Remover clientes*”.

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				

**FIGURA 6:** Resultado do Experimento 01

Fonte: elaborado pelos autores

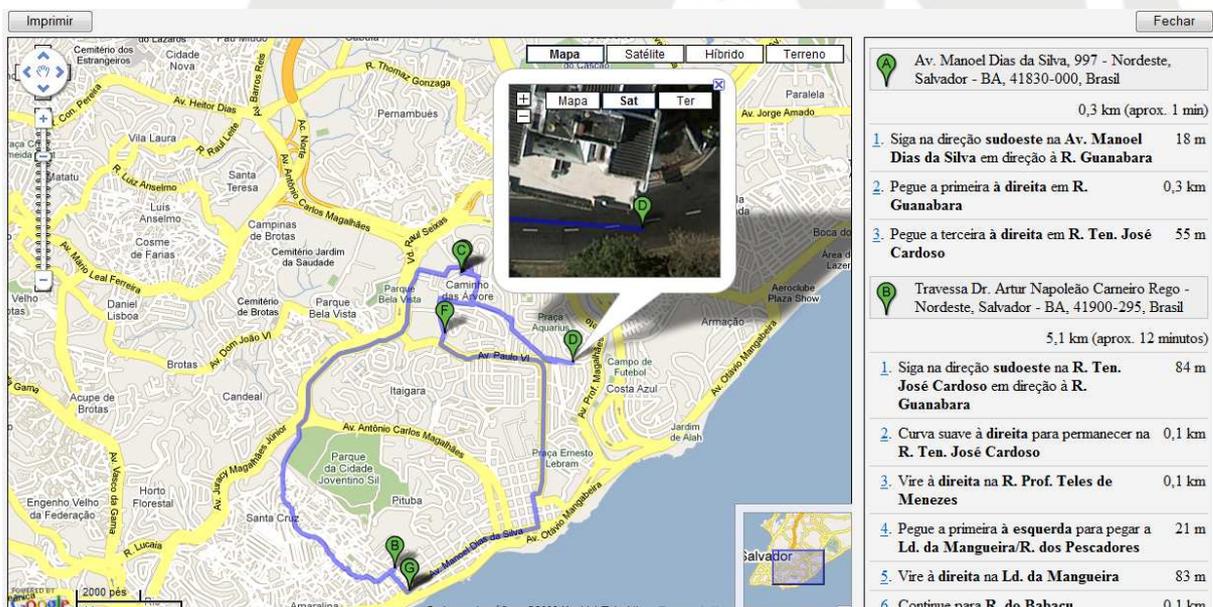
Após excluir os clientes, o gerente de conta submete novamente essas informações ao sistema e o mesmo encontra outros tipos de rotas, sem os clientes informados pelo usuário anteriormente.

## 5.2 Resultados do experimento 2

O segundo estudo de caso apresentado pela agência 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 tinham sido indicados pelo banco. 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, dentre os quais seriam selecionados 10 clientes que deveriam ser visitados em um dia. Como não havia a referência do hotel que o gerente de conta ficou hospedado para o teste, foi inserido no sistema 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 foi solicitado ao algoritmo genético que calculasse a melhor rota. Para o resultado, todos os clientes obrigados pela instituição financeira a serem visitados foram inseridos no roteiro. A FIG. 7 mostra que o sistema informou ainda que o gerente de conta percorrerá um total de 239 quilômetros.



**FIGURA 7:** Resultado do roteamento do dia 02 através do mapa informado pelo Google Maps

Fonte: elaborado pelos autores

O resultado apresentado pelo sistema mostrou 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 economia 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, permitiu a ele visitar todos os clientes da rota, inclusive os prioritários que não haviam sido atendidos na primeira rota traçada por ele.

## 6. Considerações finais

O sistema de gestão de carteira de clientes e gerenciamento do programa 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 às 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 de 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 devido a 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 nesse 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.

## Referências

BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. 5 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. ; 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 Mathematices, 2000

CARVALHO R. B.; OLIVEIRA L. C. ; JAMIL, G. L. Gestão da Informação aplicada à logística: Estudo de caso de uma grande Agroindústria 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. ; SILVA, M. V. Impactos da utilização de roteirização 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*. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing, 1989.

FILITTO, D. Algoritmos Genéticos: Uma visão exploratória. *Revista Multidisciplinar da Uniesp*. n. 6, p. 136-143, 2008.

HAUPT, R. L.; HAUPT, S. E. *Practical genetic algorithms*. 2. ed.. Wiley-Interscience Publication: Hoboken, 2004.

KAISER M. S.; PRATA. P. A.; 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*. Cambridge: MIT Press, 1996.

NETO A. F.; 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*, São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

SILVA, A. F.; 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.; HE Q., *Genetic Algorithms and their Applications*. *IEEE Signal Processing Magazine*, 1996.

