

**Rodrigo Casado Oliveira da Silva**

**Avaliação da implantação de *softwares*  
de roteirização de veículos**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa  
de Pós-Graduação em Logística do Departamento  
de Engenharia Industrial da PUC – Rio.

Orientador: Prof. José Eugenio Leal.

Rio de Janeiro  
Agosto de 2007

**Rodrigo Casado Oliveira da Silva**

**Avaliação da implantação de *softwares*  
de roteirização de veículos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção do Departamento de Engenharia Industrial da  
PUC – Rio.  
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. José Eugênio Leal**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Madiagne Diallo**

Departamento de Engenharia Industrial -PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico / PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de agosto de 2007.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

## Rodrigo Casado Oliveira da Silva

Graduou-se em Engenharia Mecânica pela UFF (Universidade Federal Fluminense) em 2004. Trabalhou por 03 anos na White Martins como *Black Belt* implementando diversos projetos de produtividade. Atualmente é especialista de logística no Global Operations Excellence da Praxair, Inc. Sua base está localizada no estado de Nova Iorque e suas responsabilidades são o gerenciamento das implementações de projetos logísticos nas 05 regiões de atuação da empresa: América do Sul, América Central, América do Norte, Europa e Ásia.

### Ficha Catalográfica

Silva, Rodrigo Casado Oliveira da

Avaliação da implantação de *softwares* de roteirização de veículos / Rodrigo Casado Oliveira da Silva; orientador: José Eugenio Leal. – 2007.

105 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Roteirização de veículos. 3. Planejamento de rotas. 4. Logística. I. Leal, José Eugenio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Para minha família.

## Agradecimentos

Ao meu grande amor, incentivadora e esposa, Catarina, por todo o carinho, compreensão e apoio incondicional.

Ao meu Orientador Professor José Eugênio Leal um agradecimento especial pela atenção dada e pela competência científica e profissional transmitida, pela confiança em mim depositada e principalmente pela dedicação e interesse na realização deste trabalho.

Aos meus pais, Roberto e Lúcia pela inspiração e exemplo.

À equipe de implementação do Sistema de roteirização de veículos da Empresa Alfa, pela dedicação e competência para realização do trabalho.

## Resumo

Silva, Rodrigo Casado Oliveira da; Leal, José Eugênio (Orientador). **Avaliação da implantação de *softwares* de roteirização de veículos**. Rio de Janeiro, 2007. 105p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Com a era da globalização e a introdução da filosofia de Gestão da Cadeia de Suprimentos, os clientes têm se tornado cada vez mais exigentes no que diz respeito à qualidade e prazos de entrega, gerando uma competitividade crescente e uma busca por serviços cada vez mais customizados que, para as empresas de distribuição de produtos, tem se tornado um fator cada vez mais importante na obtenção de vantagem competitiva e conquista de fatias cada vez maiores do mercado. Nesse sentido, muitas empresas de transporte têm tentado dar maior confiabilidade, mais velocidade e flexibilidade, buscando obter maior eficiência e pontualidade nas tarefas de entrega e/ou coleta; um melhor aproveitamento da frota e dos motoristas; menores tempos de ciclo; melhor planejamento das rotas, gerando assim sensíveis reduções de custos operacionais, melhoria da imagem da empresa no mercado e, em função disso, uma conquista cada vez maior de mercado. Nesse sentido, de modo a obter excelência nos processos de distribuição física, muitas empresas têm adquirido os chamados sistemas de roteirização e programação de veículos ou, simplesmente, roteirizadores. Dado o crescimento na utilização de roteirizadores para redução de custos operacionais e a possibilidade por parte do autor de participar da implementação dessa tecnologia em uma empresa, os objetivos dessa dissertação são: Descrever a operação da Empresa Alfa onde foi realizada a implementação do roteirizador de veículos e a apresentação do processo de implementação do roteirizador na operação. Como o autor fez parte da implementação do roteirizador na Empresa Alfa, a metodologia utilizada para a elaboração desse trabalho incluiu: pesquisa bibliográfica, visitas *in loco* e entrevistas não estruturadas junto aos envolvidos na operação. O resultado desta dissertação é uma análise da operação da Empresa Alfa durante a implementação do roteirizador, mostrando seus pontos positivos e suas dificuldades extraídos após finalizado o processo de implementação.

## Palavras-chave

Roteirização de veículos, Planejamento de rotas, Logística.

## Abstract

Silva, Rodrigo Casado Oliveira da; Leal, José Eugênio (Advisor). **Appraisal of vehicle routing system implementation**. Rio de Janeiro, 2007. 105p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nowadays with the globalization and the introduction of the Supply chain management philosophy, the customers become more demanding in order to get better quality in delivery time, increasing competitiveness and a search for customized services that, for distribution companies, it has become the most important factor in order to get competitive advantage and to increase the market share. In accordance with these ideas, many distribution companies have tried to improve the reliability, speed and flexibility, in order to get higher efficiency and punctuality in the deliveries; better fleet and drivers utilization; lower time to planning routes, generating cost reduction, improvements of the company's image in the market, and higher market share. Trying to get excellence in distribution process, many companies have acquired the routing and scheduling systems. Due to the growth of routing systems use and the possibility for the author to participate in an implementation of this technology in a company, the objectives of this work are: to describe the operation of the Alpha Company's where the implementation has been done; and present the routing system implementation process. Since the author was part of the team in the implementation of routing system in the Alpha Company, the methodology used for the elaboration of this work included: bibliographical research, visits *in loco* to the Alpha Company's operations and non structuralized interviews with the involved parts in the operation. As a result of this work, we have an analysis of the operation during the implementation of the Routing System in line with the main results getting after finished the implementation process.

## Keywords

Routing System, Route Scheduling, Logistics.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>13</b>
1.1	Objetivos da Pesquisa	14
1.2	Metodologia científica	15
1.3	Estrutura da dissertação	16
<b>2</b>	<b>Classificação dos problemas de roteirização de veículos</b>	<b>18</b>
2.1	O problema básico de roteirização de veículos e suas extensões	18
2.2	Classificação dos problemas de roteirização segundo diferentes autores	22
2.2.1	Classificação segundo Bodin et al. (1983)	23
2.2.2	Classificação segundo Ronen (1988)	24
2.2.3	Classificação segundo Assad (1988)	25
2.2.4	Classificação segundo Desrochers et al. (1990)	26
2.3	Problemas clássicos de roteirização de veículos	30
2.4	Síntese dos problemas de roteirização de veículos	35
2.4.1	Revisão da literatura dos principais métodos de solução para problemas de roteirização de veículos	37
2.4.2	Problemas clássico de roteirização de veículos ( <i>vehicle routing problem</i> – VRP)	37
<b>3</b>	<b>Sistema de Informação geográfica</b>	<b>43</b>
3.1	Introdução	43
3.2	Mapas e Informações Espaciais	45
3.3	Modelos de Dados Geográficos	46
3.3.1	Dados Espaciais ou Geográficos	47
3.4	Principais <i>softwares</i> de GIS	48
<b>4</b>	<b>Caracterização da empresa Alfa</b>	<b>50</b>
4.1	Introdução	50
4.2	O Segmento de gases industriais e a empresa	50
4.3	Processo de previsão de demanda	54
4.4	Necessidade de redução da quilometragem rodada	56
4.5	<i>Softwares</i> de roteirização de veículos utilizado na empresa Alfa	57
4.6	Benefícios esperados com a implantação do <i>software</i> de roteirização	63
4.7	Etapas do processo de implantação de um <i>software</i> de roteirização	64
4.7.1	Escolha do <i>Software</i> de Roteirização de veículos	65
4.7.2	Escolha das pessoas	65
4.7.3	Definição do local de implantação	67
4.7.4	Compra dos mapas digitais	68
4.7.5	Treinamento da utilização do <i>software</i>	68
4.7.5.1	Preparação dos dados	66
4.7.5.2	Ambiente Roadshow	70
4.7.5.3	Transferência de dados	70



4.7.5.4 Definição de pontos de parada e malha viária	70
4.7.5.5 Gerenciador de dados	71
4.7.5.6 Importação de pedidos	72
4.7.5.7 Cadastro dos parâmetros	72
4.7.5.8 Processo de roteirização	74
4.7.6 Geocodificação dos clientes	74
4.7.7 Ajuste dos parâmetros no sistema de roteirização de veículos	75
<b>5 Experiência de implantação do <i>software</i> de roteirização em diferentes mercados</b>	<b>78</b>
5.1 Introdução	78
5.2 <i>Software</i> de Roteirização no México	78
5.3 <i>Software</i> de Roteirização na Alemanha	84
5.4 <i>Software</i> de Roteirização em Porto Rico	88
<b>6 Benefícios operacionais e financeiros atingidos apos implantação do roteirizador de veículos</b>	<b>90</b>
6.1 Introdução	90
<b>7 Conclusão</b>	<b>97</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>102</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 – Grafo do problema hamiltoniano	31
Figura 2 – Criação de um roteiro	39
Figura 3 – Inclusão de um par $i,j$ em roteiro existente	39
Figura 4 – Possibilidade de união de dois roteiros através do par $i,j$	40
Figura 5 – Impossibilidade de união de dois roteiros pelo par $i,j$	40
Figura 6 – Mapas e Informações Espaciais	45
Figura 7 – Representação por camadas (Layers)	47
Figura 8 – Modelos básicos de representação de dados geográficos	48
Figura 9 – Mapa do processo empresa Alfa	51
Figura 10 – Controle de clientes automáticos	53
Figura 11 – Processo de distribuição no nível macro	54
Figura 12 – Mapa com escala de estradas	58
Figura 13 – Mapa com escala de cidades	58
Figura 14 – Mapa com escala de ruas	58
Figura 15 – Mapa com malha viária	59
Figura 16 – Visualização das rotas	60
Figura 17 – Mapa com visualização dos detalhes das rotas	61
Figura 18 – Territórios de vendas desorganizados	62
Figura 19 – Territórios de vendas otimizados com Roadshow	62
Figura 20 – Gráfico de apoio a decisão	63
Figura 21 – Região de atendimento - México	79
Figura 22 – Benefícios I - México	82
Figura 23 – Benefícios II – México	83
Figura 24 – Benefícios III - México	83
Figura 25 – Região de atendimento - Alemanha	85
Figura 26 – Centros de Operação – Alemanha	87
Figura 27 – Região de atendimento – Porto Rico	88
Figura 28 – Painel de controle	92
Figura 29 – Acompanhamento da quilometragem	93



## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Classificação dos principais problemas de roteirização de veículos	36
Tabela 2 – Principais tipos de Layers	69