



**André Luis Ribeiro de Medeiros**

**Otimização da Localização de Grupamentos  
Logísticos no Exército de Campanha**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio como parte dos requisitos para o título de mestre em Logística.

Orientador: Prof. Nélio D. Pizzolato

Rio de Janeiro  
Abril de 2005

**André Luis Ribeiro de Medeiros**

**Otimização da localização de Grupamentos  
Logísticos no Exército de Campanha**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Produção da  
PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora  
abaixo assinada.

**Prof. Nélio Domingues Pizzolato**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes**

Co-orientador

Pós-Graduação em Transportes - IME-Rio

**Prof. Leonardo Junqueira Lustosa**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

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

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC - Rio

Rio de Janeiro, 01 de abril de 2005

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

### **André Luis Ribeiro de Medeiros**

Graduou-se em Engenharia Química no IME (Instituto Militar de Engenharia) em 1996. Especializou-se em Engenharia da Qualidade em 1999 na FAENQUIL (Faculdade de Engenharia Química de Lorena) em 1999. Concluiu o Mestrado em Química no IME em 2002. Atuou como Engenheiro de Produção na IMBEL (Indústria de material Bélico do Brasil) de 1997 e 1999. Atualmente é professor do Departamento Básico do IME, ministrando, desde 2002, as cadeiras de Álgebra Linear e Cálculo e colaborando no MBA em Logística desta Instituição como professor do Módulo Gestão de Produção do referido curso. Colabora ainda no MBA em Logística da Universidade Estácio, desde 2003, onde ministra o módulo Operações e Sistemas de Distribuição.

#### Ficha catalográfica

Medeiros, André Luis Ribeiro de

Otimização da localização de grupamentos logísticos no Exército de campanha / André Luis Ribeiro de Medeiros ; orientador: Nélío D. Pizzolato. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Industrial, 2005.

99 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial — Teses. 2. Logística. 3. Localização. 4. Exército de campanha. 5. Programação linear inteira. I. Pizzolato, Nélío D. . II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial . III. Título.

CDD: 658.5

Para Patrícia, pelo apoio e incentivo  
em mais esta conquista.

## Agradecimentos

Ao meu orientador, Nélio Domingues Pizzolato, pela orientação, pelo exemplo de pesquisador e professor e, principalmente, pela educação e o fino trato comigo e com os seus outros orientados.

Ao meu co-orientador, Luiz Antônio Silveira Lopes, pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio incondicional na abertura de portas para que este trabalho se tornasse possível.

Aos meus pais e irmãos que estão sempre torcendo pelo meu sucesso, mesmo à distância.

A todos os componentes da Seção de Logística Militar da Escola de Comando e Estado Maior do Exército pelos ensinamentos transmitidos e pela forma cordial e profissional com que me receberam.

A todos os professores do Mestrado Profissional em Logística pelos ensinamentos transmitidos e por terem confiado neste aluno que, ao começar o curso, pouco ou nada sabia sobre Logística.

Aos colegas e amigos com quem eu tive o privilégio de estudar nesses últimos dois anos. Desculpem-me por ter aprendido muito mais com vocês do que vocês comigo.

Por fim, a Deus por todas as oportunidades a mim ofertadas nesta vida.

## Resumo

Medeiros, André Luis Ribeiro de. Otimização da Localização de Grupamentos Logísticos no Exército de Campanha. Rio de Janeiro, 2005. 99 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os exércitos de campanha são os grandes comandos operacionais que irão se desdobrar na zona de combate do Teatro de Operações Terrestre. Cada exército de campanha é composto por uma ou mais divisões de exército e cada divisão de exército é composta por uma ou mais brigadas. O apoio logístico a estas grandes unidades operacionais é realizado pelas bases logísticas, situadas na zona de administração, e pelos grupamentos logísticos, avançados e recuados, e batalhões logísticos, situados na zona de combate. Fazendo um paralelo com o meio civil, os clientes finais são as tropas desdobradas na zona de combate. As bases logísticas são as fábricas, os grupamentos logísticos, os centros de distribuição, e os batalhões logísticos são os distribuidores de varejo. Para atender às rotas de fluxo entre estas facilidades logísticas, são utilizados os meios militares de transporte disponíveis e os civis passíveis de mobilização. Este trabalho apresenta uma metodologia a ser seguida em estudos de otimização do apoio logístico ao exército de campanha, onde se busca a minimização das necessidades de meios de transporte para realizar a distribuição de suprimentos às tropas apoiadas, atuando particularmente na busca da melhor solução quanto ao número e localização dos grupamentos logísticos avançados e recuados. As principais fases deste procedimento são a utilização de funções do tipo “criadas pelo usuário”, em Planilha Excel, ou de Sistema de Informações Geográficas, para a pré-seleção das cidades candidatas aptas a receber os grupamentos logísticos, e a resolução de um modelo matemático utilizando Programação Linear Inteira Mista, para a localização propriamente dita.

## Palavras-chave

Localização; Exército de Campanha; Grupamento Logístico; Programação Linear Inteira.

## Abstract

Medeiros, André Luis Ribeiro de. **Optimization of the Location of the Logistics Groups on the Field Army**. Rio de Janeiro, 2005. 99p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The field troops are the great operational commands that will be disposed on the combat zone of the land seat of the war. Every one of the field troops are formed by one or more divisions and every one of the divisions are formed by one or more brigades. The logistics support to these great operational commands is performed by the logistics basis, situated in the administration zone, and by the logistics groups, ahead groups and back groups, and logistics battalions, located in the combat zone. In comparison with the civilian society, the final clients are the troops disposed in the combat zone. The logistics basis are the plants, the logistics groups are the distribution centers and the battalions are the retail allocations. To provide the routes from one facility to another, the available military transport resources and the civilian's one, that may be mobilized, must be used. This work introduces a methodology to be followed in optimization studies of logistics support of the field troops, that tries to obtain the minimization of the transport resources requirements to perform the supply of the troops, acting particularly to obtain the best solution in order to optimize the number and location of ahead and back logistics groups. The most important phases of the location process are to use “made by the user” functions, in Excel spreadsheet, and Geographic Information Systems to pre-select the cities that are able to receive a logistic group, and to solve a mathematical model by the use of mixed integer linear programming, to model this facility location problem.

## Keywords

: Location; Field Army; Logistics Groups; Linear Integer Programming;

# Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos da Dissertação.....	15
1.2 Contribuições.....	16
1.3 Apresentação dos capítulos.....	17
 2 APOIO LOGÍSTICO NO TEATRO DE OPERAÇÕES TERRESTRES...19	
2.1 Divisão territorial em tempo de guerra.....	19
2.1.1 Teatro de Guerra.....	19
2.1.2 Teatro de Operações.....	20
2.1.3 Zona do Interior.....	20
2.2 Organização Territorial do Teatro de Operações.....	21
2.2.1 Zona de Combate.....	21
2.2.2 Zona de Administração.....	22
2.3 Grandes Comandos e Grandes Unidades.....	22
2.4 Apoio logístico no Teatro de Operações.....	23
2.4.1 Base Logística.....	23
2.5 Apoio Logístico no Exército de Campanha.....	25
2.5.1 Grupamento Logístico.....	25
2.5.1.1 Grupamento Logístico Recuado.....	27
2.5.1.2 Grupamento Logístico Avançado.....	28
2.5.2 Batalhão Logístico.....	28
2.6 Fluxo de Suprimentos no Exército de Campanha.....	29
2.7 Desdobramento dos Grupamentos Logísticos.....	29
2.7.1 Missão.....	30
2.7.2 Terreno.....	30
2.7.3 Segurança.....	31
2.7.4 Disponibilidade de Meios.....	31
2.7.5 Apoio do escalão à retaguarda.....	31
2.7.6 Apoio à Manobra.....	31
2.7.7 Apoio cerrado.....	33
2.7.8 Divisão territorial.....	33
2.7.9 Aproveitamento das instalações.....	33
2.7.10 Distância de apoio.....	34
2.7.11 Continuidade do apoio.....	34
2.8 Módulos de transporte. Cálculo do TKM.....	35
2.9 Restrições na localização dos Grupamentos Logísticos.....	37



3 DECISÕES DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES.....	39
3.1 Localização em Redes.....	39
3.2 Localização de Instalações Múltiplas.....	41
3.3 Formulação da p-mediana com custos fixos.....	42
3.4 Formulação da p-mediana.....	43
4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	44
4.1 Histórico.....	44
4.2 Definições e Conceitos Básicos.....	45
4.3 Aplicações e vantagens do uso dos SIG.....	47
4.4 A visão de mundo do SIG.....	48
4.5 O ArcView.....	51
4.6 Potencialidades do ArcView.....	52
4.7 Tipos de documentos do ArcView.....	54
4.7.1 Vista.....	54
4.7.2 Tabela.....	54
4.7.3 Gráficos.....	54
4.7.4 Layout.....	55
4.7.5 Script.....	55
5 METODOLOGIA PROPOSTA.....	56
5.1 Localização dos Grupamentos Logísticos Avançados.....	56
5.1.1 Metodologia – Primeira Fase.....	56
5.1.1.1 Função pop.....	57
5.1.1.2 Função cec.....	57
5.1.1.3 Função ces.....	58
5.1.1.4 Função dlaada.....	58
5.1.1.5 Função avaliação.....	58
5.1.1.6 Função dma.....	59
5.1.1.7 Utilização do Sistema de Informações Geográficas.....	59
5.1.2 Metodologia – Segunda Fase.....	60
5.1.2.1 Modelagem Matemática – Segunda Fase.....	60
5.2 Localização dos Grupamentos Logísticos Recuados.....	61
5.2.1 Metodologia – Primeira Fase.....	62
5.2.2 Metodologia – Segunda Fase.....	62
5.2.4.1 Modelagem Matemática – Segunda Fase.....	63

6 ESTUDO DE CASO.....	65
6.1 Descrição do Estudo de Caso.....	65
6.2 Localização dos Grupamentos Logísticos Avançados.....	67
6.2.1 Primeira Fase (Planilha EXCEL).....	67
6.2.2 Primeira Fase (Sistema de Informações Geográficas).....	73
6.2.3 Segunda Fase.....	88
6.3 Localização dos Grupamentos Logísticos Recuados.....	89
6.3.1 Primeira Fase (Planilha Excel).....	89
6.3.2 Primeira Fase (Sistema de Informações Geográficas).....	93
6.3.3 Segunda Fase.....	93
 7 Conclusão.....	 96
 8 Referências Bibliográficas.....	 98

## Lista de Figuras

Figura 1 - Organização territorial do Teatro de Operações.....	21
Figura 2 - Conjunto de camadas de informações sobre uma determinada região.....	49
Figura 3 - Camadas de informação associadas a uma única localização.....	50
Figura 4 - Álgebra de mapas.....	51
Figura 5 - Esboço Número 1.....	66
Figura 6 - Planilha “Dados Iniciais” da pasta “GptLogA.xls”.....	68
Figura 7 - Planilha “Cidades Candidatas” da pasta “GptLogA.xls”.....	69
Figura 8 - Planilha “Candidatas x G.U.” da pasta “GptLogA.xls”.....	70
Figura 9 - Planilha “Resultados DMA” da pasta “GptLogA.xls”.....	71
Figura 10 - Planilha “Resultado Final” da pasta “GptLogA.xls”.....	72
Figura 11 - Vista inicial, com o Tema “Eceme2.tiff”.....	73
Figura 12 - Criação do Tema “cidades.shp”.....	74
Figura 13 - Tabela com os atributos do Tema “cidades.shp”.....	75
Figura 14 - Criação do Tema “ada.shp”.....	76
Figura 15 - Visualização da Vista após a criação do Tema “laada.shp”.....	77
Figura 16 - Configuração da Vista após a criação do Tema “Excamp.shp”.....	78
Figura 17 - Procedimento para escolha das cidades situadas a 30 km da LAADA – Primeira Etapa.....	79
Figura 18 - Procedimento para escolha das cidades situadas a 30 km da LAADA – Segunda Etapa.....	80
Figura 19 - Procedimento para escolha das cidades situadas a, pelo menos, 30 km da LAADA.....	81
Figura 20 - Em amarelo, as cidades situadas a, pelo menos, 30 km da LAADA.....	81
Figura 21 - Procedimento para localizar as cidades, a, pelo menos, 30 km da LAADA, situadas no interior da área de defesa avançada.....	83
Figura 22 - Em amarelo, cidades situadas, a, pelo menos, 30 km, à retaguarda da LAADA e situadas na área de defesa avançada.....	84
Figura 23 - Utilização da ferramenta “Query Builder”.....	85
Figura 24 - Lógica empregada na pesquisa de atendimento às restrições.....	86
Figura 25 - Em amarelo, as cidades em condições de receber um GptLogA.....	87
Figura 26 - Cidades em condições de receber um GptLogA.....	88
Figura 27 - Planilha “Dados iniciais” da pasta “GptLogR.xls”.....	90
Figura 28 - Planilha “Cidades Candidatas” da pasta “GptLogR.xls”.....	91
Figura 29 - Planilha “Atributos Impositivos” da pasta “GptLogR.xls”.....	92
Figura 30 - Cidades em Condições de Receber um Gpt Log R.....	93
Figura 31 - Criação do Tema “cidades.shp”.....	94

## Lista de Abreviaturas ou Siglas

DM	Desktop Mapping
ECEME	Escola de Comando e estado Maior do Exército
EsAO	Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais
ESRI	Environmental Systems Research Institute
Gpt Log A	Grupamento Logístico Avançado
Gpt Log R	Grupamento Logístico Recuado
LAADA	Limite Anterior da Área de Defesa Avançada
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIG - T	Sistema de Informações Geográficas Aplicado a Transportes
tkm	tonelada . quilômetro
ULD	Última Linha a Defender
ZA	Zona de Administração
ZC	Zona de Combate

*Um homem é um sucesso se pula da cama  
de manhã e vai dormir à noite e, nesse  
meio tempo, só faz o que gosta.*

Bob Dylan