

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE LOCALIZAÇÃO DE GRUPAMENTOS LOGÍSTICOS NO EXÉRCITO DE CAMPANHA

**André Luis Ribeiro de Medeiros, M.Sc.**

Mestrado Profissional em Logística – Pontifícia Universidade Católica - PUC  
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro  
[capmedeiros2003@yahoo.com.br](mailto:capmedeiros2003@yahoo.com.br)

**Nélio Domingues Pizzolato, Ph. D.**

Departamento de Engenharia Industrial – Pontifícia Universidade Católica – PUC-RJ Rua  
Marquês de São Vicente 225, sala 958-L, Leblon – Rio de Janeiro  
[ndp@ind.puc-rio.br](mailto:ndp@ind.puc-rio.br)

**Luiz Antônio Silveira Lopes, D. Sc.**

Mestrado em Engenharia de Transportes - Instituto Militar de Engenharia – IME  
Praça General Tibúrcio, nº 80, Praia Vermelha – Rio de Janeiro  
[laslopes@ime.eb.br](mailto:laslopes@ime.eb.br)

### Resumo

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, os distribuidores de varejo. Dessa maneira, podem ocorrer as seguintes rotas de fluxo de suprimento na zona de combate: base logística – base logística; base logística – grupamento logístico; base logística – batalhão logístico; grupamento logístico recuado – grupamento logístico avançado; grupamento logístico – batalhão logístico. Para atender a tais rotas, são utilizados os meios militares de transporte disponíveis e os civis passíveis de mobilização.

Este artigo 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 dois algoritmos de apoio à decisão e a resolução de um modelo matemático utilizando Programação Linear Inteira Mista. A implementação computacional dos algoritmos e do modelo matemático é realizada por meio de uma planilha eletrônica, sendo apresentada também uma aplicação prática.

**Palavras-Chaves:** Localização; Exército de Campanha; Grupamento Logístico; Programação Linear Inteira.

## Abstract

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 logistic support to these great operational commands is performed by the logistic basis, situated in the administration zone, and by the logistic groups, ahead groups and back groups, and logistic battalions, located in the combat zone.

In comparison with the civilian society, the final clients are the troops disposed in the combat zone. The logistic basis are the plants, the logistic groups are the distribution centers and the battalions are the retail allocations. In this manner, the following supply flows may take place on the combat zone: logistic basis – logistic basis; logistic basis – logistic groups; logistic basis – logistic battalions; back groups – ahead groups; logistic groups – battalion groups. To provide this routes, are used the available military transport resources ant the civilian one that may be mobilized.

This article introduces a methodology to be followed in optimization studies of logistic 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 the number and location of ahead and back logistic groups. The most important phases of the location process are to use two aid decision algorithms and to solve a mathematics model by the use of integer linear programming. The computational implementation of the algorithms and of the mathematic model are performed by the use of an electronic spreadsheet, the Microsoft Excel. A practical use of the methodology is presented.

**Keywords:** Localization; Field Troops; Logistic Groups; Integer Linear Programming;

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, a logística tem sido fator-chave na orientação do desenlace de muitos conflitos bélicos. Em seu livro “Alexandre o Grande e a Logística da Guerra da Macedônia”, Donald Engels (Engels, 1992) descreve a logística pesada e sofisticada por trás da marcha, de 4000 milhas, das tropas comandadas por Alexandre o Grande, em 326 AC, do Egito, passando pela Pérsia, até a Índia. Os romanos, por sua vez, tinham a seu favor uma rede de 10000 milhas em estradas de concreto, devidamente testadas para carruagens, o que permitia um melhor planejamento de suas ações militares, principalmente quanto à previsão de suprimentos necessários para apoiar as tropas. Em tempos mais recentes, há inúmeros exemplos na literatura de utilização maciça dos conceitos de logística militar, tais como, Guerra da Secessão e as duas Grandes Guerras. No entanto, com certeza, onde a logística militar obteve maior destaque, em todos os tempos, foi na Operação Tempestade no Deserto, desencadeada pela coalizão comandada pelos Estados Unidos e Reino Unido, com o objetivo de retirar as tropas iraquianas do Kwait (Pagonis & Cruikshank).

Segundo a doutrina militar (ECEME, 1995), o Teatro de Guerra é todo espaço geográfico, terrestre, marítimo e aéreo, que estiver ou puder ser diretamente envolvido nas operações militares de uma guerra. O Teatro de Operações é a parcela do Teatro de Guerra necessária à condução de operações militares, para o cumprimento de determinada missão, e seu conseqüente apoio logístico, sendo, portanto, a fração geográfica de maior interesse para um trabalho de logística militar aplicada a tempos de guerra. A Zona do Interior é a parcela do território nacional não incluída no teatro de operações.

O Teatro de Operações é normalmente dividido, no sentido de profundidade, em duas zonas, a zona de combate (ZC) e a zona de administração (ZA). A zona de combate inclui áreas terrestres, marítimas e o espaço aéreo, no interior dos quais os comandos podem influir diretamente na evolução das operações, pela manobra de seus elementos ou pelo emprego do poder de fogo. É a porção do teatro de operações que se prolonga pelo território controlado pelo inimigo, desde a linha de contato até o alcance máximo das armas pertencentes às forças singulares. A zona de administração é a porção do teatro de operações, compreendida entre os limites de retaguarda das forças empregadas na zona de combate e o limite posterior do teatro de operações.

Os exércitos de campanha são os grandes comandos operacionais que irão se desdobrar na zona de combate. 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, os distribuidores de varejo. Dessa maneira, podem ocorrer as seguintes rotas de fluxo de suprimento na zona de combate: base logística – base logística; base logística – grupamento logístico; base logística – batalhão logístico; grupamento logístico recuado – grupamento logístico avançado; grupamento logístico – batalhão logístico. Para atender às rotas apresentadas acima, são utilizados os meios militares de transporte disponíveis e os civis passíveis de mobilização.

## **2. OBJETIVO**

Apresentar uma metodologia a ser seguida em estudos de otimização do apoio logístico ao exército de campanha, particularmente na busca da melhor solução quanto ao número e localização dos grupamentos logísticos avançados e recuados, por intermédio da utilização de dois algoritmos de apoio à decisão e a resolução de um modelo matemático utilizando Programação Linear Inteira, este último com a finalidade principal de minimizar as necessidades em termos de transportes. Além disso, será apresentada a resolução de um caso prático pela aplicação da metodologia.

## **3. APOIO LOGÍSTICO NO EXÉRCITO DE CAMPANHA**

Os conceitos, abordados neste item e em seus subitens, foram extraídos da doutrina militar. (ECEME, 1995).

Área de Apoio Logístico é a região, delimitada na zona de combate, destinada ao desdobramento de instalações logísticas para o apoio a determinado elemento ou força. A sua localização é determinada pelos planejamentos operacionais e pelas necessidades logísticas decorrentes.

As unidades, subunidades e equipes de maior mobilidade são reunidas, em princípio, nos grupamentos logísticos avançados, que se desdobram em apoio às grandes unidades de primeiro escalão. As unidades, subunidades e equipes de menor mobilidade são reunidas, em princípio, nos grupamentos logísticos recuados, cuja missão é apoiar o Exército de Campanha como um todo.

O desdobramento dos órgãos e instalações deve atender às necessidades básicas de apoio logístico e ser suficientemente flexível para acompanhar a evolução do dispositivo do exército de Campanha. Assim, o desdobramento se desenvolve desde um estágio inicial, com os meios relativamente concentrados, até um final, com os órgãos e instalações distribuídos em áreas de apoio logístico, adequadamente desdobradas na área de retaguarda do Exército de Campanha.

Em condições normais, ocorre o desdobramento de apenas um grupamento logístico recuado. No entanto, quando a missão, a largura de frente, a profundidade da região de operações, as necessidades logísticas e o planejamento operacional impuserem e as características da zona de ação (particularmente a rede viária), os meios existentes e a possibilidade de mobilização permitirem, o Exército de Campanha poderá fazer uso de um segundo grupamento logístico recuado, que se desdobrará em uma outra área de apoio logístico recuado.

### **3.1. GRUPAMENTO LOGÍSTICO**

É um grande comando logístico que, enquadrando organizações logísticas militares e meios civis mobilizados, desdobra-se em uma área de apoio logístico.

O grupamento logístico tem a missão de executar o apoio logístico às forças integrantes de um grande comando operacional e, conforme determinado, a outras forças e à população civil.

O apoio ao Exército de Campanha está estruturado em unidades, subunidades, pelotões e equipes de apoio logístico. Tais elementos de apoio logístico integram os grupamentos logísticos.

Os grupamentos logísticos executam as suas missões por intermédio de unidades e subunidades básicas, que desenvolvem, na Zona de Combate, atividades de logística operacional de suprimentos, manutenção, saúde, transporte e pessoal.

#### 4. DECISÕES DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

Encontrar instalações fixas ao longo da rede logística é um problema importante de decisão que dá formato, estrutura e forma ao sistema logístico inteiro. As decisões de localização envolvem a determinação do número, da localização propriamente dita e do tamanho das instalações a serem usadas. Estas instalações incluem pontos nodais na rede, como plantas, portos, fornecedores, armazéns, filiais de varejo e centros de serviço, ou seja, pontos na rede logística onde os produtos param temporariamente no seu caminho até os consumidores finais.

O problema de localização de instalações tem sido tratado de forma ampla na literatura. O assunto envolve desde simples problemas de localização de uma facilidade até problemas mais complexos, que englobam diversas instalações, fluxos de natureza diversa (passando ou não pelos depósitos), dentre outras particularidades. (Bowersox, 2001), (Chopra, 2001), (Golbbarg, 2000) e (Novaes, 2001)

##### 4.1. LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES MÚLTIPLAS

O mais complexo e também o mais realístico problema de localização para a maioria das empresas ocorre quando duas ou mais instalações devem ser instaladas simultaneamente. Este problema é comum, pois as empresas em geral, com exceção das muito pequenas, possuem mais que uma instalação em seu sistema logístico. Uma vez que as instalações não podem ser tratadas como economicamente independentes, o problema se torna muito complexo, e o número de configurações possíveis da localização se torna enorme. Devido ao seu elevado grau de dificuldade, existem vários métodos de resolução do problema de localização de instalações múltiplas. (Ballou, 2001)

Será apresentado neste trabalho, um método de localização que utiliza a programação linear inteira mista, a abordagem P-mediana. Nesta abordagem, os pontos de demanda e oferta são localizados por meio de coordenadas. As instalações estão limitadas a estarem situadas entre os pontos de demanda e suprimento. Os custos que afetam a localização são taxas variáveis de transporte expressas em unidades como R\$/kg/km e os custos fixos anuais são associados às instalações candidatas. O número de instalações a serem localizadas é especificado antes da resolução. O processo de solução encontra as soluções entre os pontos especificados.

##### 4.1.1. Formulação da P-Mediana com Custos Fixos

O modelo da p-mediana, com custos fixos, pode ser formulado como se segue:

$$\text{Min}Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_i d_{ij} y_{ij} + \sum_{j \in J} f_j y_{ij}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad i \in I$$

$$\sum_{j \in J} y_{jj} \leq p$$

$$y_{ij} \leq y_{jj}, \quad i \in I, j \in J$$

$$y_{ij} = \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J$$

onde

$w_{ij}$  : peso, por exemplo quantidade transportada de  $i$  para  $j$

$d_{ij}$  : distância de  $i$  para  $j$

Nessa formulação, tanto  $I$  como  $J$  representam o conjunto de vértices da rede. O valor  $y_{jj} = 1$  indica que um posto de serviço foi colocado no vértice  $j$ ; se  $y_{jj} = 0$ , então no vértice  $j$  não será colocado nenhum posto de serviço.

Por outro lado, a variável  $y_{ij} = 1$  exige que  $y_{jj} = 1$ , ou seja, que uma instalação seja colocada no vértice  $j$ . Em outras palavras, o serviço demandado pelo vértice  $i$  será satisfeito pelo vértice  $j$  somente se em  $j$  houver uma instalação ofertando o serviço. Além disso, a demanda do vértice  $i$  é totalmente atendida pelo vértice  $j$ .

#### 4.1.2. Formulação da P-Mediana

Trata-se de um caso particular do anterior, se  $f_j = 0$ . Para reduzir a soma das distâncias, sem custos fixos é natural que se abra tantas instalações quantas possíveis. Em consequência, a restrição  $\sum_{j \in J} y_{jj} \leq p$  será sempre ativa. O modelo se torna:

$$\text{Min}Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_i d_{ij} y_{ij}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad i \in I$$

$$\sum_{j \in J} y_{jj} = p$$

$$y_{ij} \leq y_{jj}, \quad i \in I, j \in J$$

$$y_{ij} = \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J$$

## 5. METODOLOGIA GERAL

Será apresentada, neste tópico, a metodologia a ser seguida em estudos de otimização do apoio logístico ao exército de campanha, particularmente na busca da melhor solução quanto ao número e localização dos grupamentos logísticos avançados e recuados, tendo o objetivo final de proporcionar o melhor apoio à manobra da tropa com os menores custos em termos de transporte.

## 5.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A partir da análise da manobra, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Número de unidades operacionais (brigadas e forças de cobertura) a serem apoiadas, contribuindo dessa forma para estabelecer o número de grupamentos logísticos avançados a serem localizados;
  - Localização, em termos de latitude e longitude, dos batalhões logísticos das brigadas e da posição no terreno das forças de cobertura;
  - Na carta, a partir da identificação dos limites de segurança frente aos fogos inimigos e dos limites à retaguarda com a Zona de Administração, a área geográfica em que os grupamentos logísticos poderão se desdobrar;
  - Entre todas as cidades pertencentes à área geográfica de desdobramento, aquelas que, ao atender os requisitos de infra-estrutura, capacidade viária, etc, possam vir a se tornar candidatas a se tornarem grupamentos logísticos;
  - Das cidades candidatas, aquelas que, por estarem situadas mais à retaguarda, pertencerem a nó ferroviário e estarem alinhadas com a direção estratégica, poderão ocupar a função de grupamento logístico recuado;
  - Escolher uma das cidades, dentre as que preenchem os pré-requisitos, para ocupar a posição de Grupamento Logístico Recuado;
  - A partir da escolha da cidade onde será desdobrado o grupamento logístico recuado, complementar o processo de escolha das cidades candidatas a acomodar o grupamento logístico avançado, pela adição da restrição de atenderem à distância máxima de apoio ao grupamento logístico recuado;
  - As distâncias entre as cidades candidatas a serem Grupamentos Logísticos Avançados e os Batalhões Logísticos;

## 5.2. LOCALIZAÇÃO DO(S) GRUPAMENTO(S) LOGÍSTICO(S) RECUADO(S)

Seguindo o preconizado pela doutrina, para o apoio à manobra, deverão ser utilizados de um a dois grupamentos logísticos recuados. No entanto, é importante ressaltar que o custo fixo de manutenção de um grupamento logístico é extremamente elevado. Dessa maneira, sempre que possível, costuma-se localizar apenas uma destas facilidades.

Para facilitar a tomada de decisão quanto à localização do(s) grupamento(s) logístico(s) recuado(s), foi desenvolvida uma macro, chamada GptLogR, na planilha eletrônica Excel. O algoritmo relativo a esta macro está descrito no subitem a seguir.

### 5.2.1. Descrição do Algoritmo

No algoritmo utilizado, as cidades candidatas a receberem o grupamento logístico recuado serão avaliadas nos seguintes critérios:

- Infra-estrutura:
  - Deverão ser escolhidas cidades que possuam infra-estrutura em termos de hospitais, fábricas depósitos, etc. Um bom quantificador para isso seria a população da cidade. Cidades com população maior que 20000 pessoas poderiam ser candidatas a receberem o Gpt Log R. No entanto, seriam atribuídas pontuações segundo os seguintes critérios:
    - (20000 < pop < 50000 pessoas): ganha um ponto;
    - (50000 < pop < 100000 pessoas): ganha dois pontos;

- (pop >100000 pessoas): ganha três pontos.
- Nó ferroviário:
  - Há predileção que a cidade candidata a Gpt Log R pertença a nó ferroviário. Não sendo, no entanto, fator impositivo;
  - Cidades que pertençam a nó ferroviário ganharão três pontos e as que não pertençam ganharão um ponto;
- Distância de Segurança:
  - A cidade deverá estar situada a 30 km da ULD. Sendo este fator impositivo;
  - Apesar de o item ser impositivo, será atribuído um ponto para a cidade que atender a distância de segurança e zero ponto para a que não o fizer;
- Estar eixada com a ação principal:
  - É um fator desejável, mas não impositivo. Dessa maneira será atribuído o seguinte sistema de pontuação:
    - o Eixado com a ação principal: dois pontos;
    - o Não eixado com a ação principal: um ponto.
- Capacidade das estradas:
  - Será avaliado se as estradas, tanto rodoviárias quanto ferroviárias, que passam pelas cidades são capazes de atender a demanda das necessidades de todas as GU apoiadas;
  - Este item será impositivo;
  - Apesar de o item ser impositivo, será atribuído um ponto para a cidade que atender a distância de segurança e zero ponto para a que não o fizer;
- Distância máxima de apoio:
  - A distância máxima de apoio do Gpt Log R às unidades apoiadas é dependente da velocidade do comboio;
  - A partir do momento em que se conheça a distância máxima de apoio, será avaliado se a cidade candidata tem condições de apoiar todas as grandes unidades;
  - Este item será impositivo;
  - Apesar de o item ser impositivo, será atribuído um ponto para a cidade que atender a distância de segurança e zero ponto para a que não o fizer.

Ao final, para a tomada de decisão do usuário, o algoritmo apresentará a pontuação de cada uma das cidades candidatas e, se for o caso, os itens impositivos em que as mesmas foram reprovadas. A partir disso, o usuário terá condições de escolher a cidade onde será localizado o grupamento logístico recuado. É importante ressaltar que, conforme a avaliação do usuário, as cidades reprovadas em itens impositivos, caso apresentem a maior pontuação, também poderão ser escolhidas.



### **5.3. LOCALIZAÇÃO DO(S) GRUPAMENTO(S) LOGÍSTICO(S) AVANÇADO(S)**

O processo de localização dos grupamentos logísticos avançados se procederá em duas etapas, descritas a seguir.

#### **5.3.1. Primeira Etapa: Pré-seleção das Cidades Candidatas**

Esta fase tem o objetivo de, como o próprio nome diz, pré-selecionar as cidades candidatas a receberem grupamentos logísticos avançados. Será utilizada uma macro, no Excel, chamada Gpt Log A, cujo algoritmo utilizado é semelhante ao utilizado na escolha da cidade a receber o grupamento logístico recuado. A única diferença entre tais programas de auxílio à decisão reside no fato de, no algoritmo utilizado na etapa tratada neste subitem, apenas os critérios impositivos são avaliados, não existindo esquema de pontuação. As cidades que não atenderem pelo menos um destes critérios não passam à próxima etapa.

No critério segurança, é importante salientar que as cidades candidatas devem estar situadas 30 km da LAADA.

#### **5.3.2. Segunda Etapa: Localização Propriamente Dita**

Nesta etapa, será determinado o número de grupamentos logísticos avançados a serem localizados e quais unidades operacionais cada um deles irá apoiar.

É importante ressaltar que o custo de implantação e manutenção de um Gpt Log A é bem maior que o da manutenção de um centro de distribuição. Isso se deve ao fato de o Gpt Log A realizar outras funções logísticas, tais como transportes, saúde, manutenção, além da função suprimento. Em outras palavras, por maior que seja o fluxo de suprimentos no Gpt Log A, o custo fixo unitário de manutenção, por tonelada de produto, do centro de distribuição será sempre maior que o custo de transporte unitário. Dessa forma, será sempre mais econômico analisar a situação que preveja o menor número de grupamentos logísticos necessários.

A doutrina prevê que cada um dos grupamentos logísticos apresenta a capacidade de apoiar até seis grandes unidades operacionais. Baseado nisso, o número de grupamentos logísticos a serem instalados será determinado dividindo-se o número de grandes unidades a serem apoiadas por seis.

#### **5.3.3. Modelagem Matemática da Segunda Etapa**

Baseado no que foi descrito no subitem anterior, o algoritmo a ser aplicado na resolução do problema de localização dos grupamentos logísticos e do relacionamento deles com as unidades a serem apoiadas (quem apóia quem?) é o da formulação da p-mediana com a restrição adicional de cada um dos grupamentos logísticos poderem atender, no máximo, seis grandes unidades. Além disso, as quantidades transportadas são as mesma independente do grupamento logístico utilizado e da unidade a ser apoiada, não sendo, portanto, necessária a utilização do peso  $w_{ij}$ . Dessa maneira, a modelagem matemática da segunda etapa é representada pelo seguinte algoritmo:

$$\text{Min}Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} y_{ij}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad i \in I$$

$$\sum_{j \in J} y_{jj} = p$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} \leq 6, \quad j \in J$$

$$y_{ij} \leq y_{jj}, \quad i \in I, j \in J$$

$$y_{ij} = \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J$$

## 6. APLICAÇÃO PRÁTICA

Para exemplificar, na prática, a aplicação da metodologia apresentada neste trabalho foi utilizado um pedido do curso Operações Logísticas no Exército de Campanha da Escola de Comando e Estado Maior do Exército.

### 6.1. DESCRIÇÃO DO PEDIDO

Apresentar a visualização do desdobramento logístico, ou seja, localizar os grupamentos logísticos avançados e recuados, para apoiar a manobra descrita a seguir.

Disposição das tropas:

- Brazão: 01 (uma) Divisão de Exército e 03 (três) brigadas;
- Santana: 01 (uma) Divisão de Exército e 03 (três) brigadas;
- Roure: 01 (uma) Divisão de Exército e 03 (três) brigadas;
- Praia azul; 01 (uma) brigada;
- Itu 01 (uma) brigada;

#### 6.1.1. Localização do Grupamento Logístico Recuado

A localização do grupamento logístico recuado foi realizada seguindo algumas etapas, descritas a seguir.

##### 6.1.1.1. Primeira Etapa: Localização das Cidades Candidatas

A partir da análise do mapa utilizado, foram identificadas as seguintes cidades situadas a retaguarda Última Linha a Defender, ou seja, as cidades candidatas a receberem o grupamento logístico recuado: Pinda, Lima; Meca, Duartina, Braga, Bari, Brazópolis, Limeira e Jaca.

##### 6.1.1.2. Segunda Etapa: Aplicação da macro GptLogR às Cidades Candidatas

A aplicação do algoritmo às cidades candidatas, gerou o seguinte relatório de saída:

Cidade	Pontuação	Distância a ULD (Km)	Capacidade estradas	Distância Máxima de Apoio
Pinda	5	Não Atende	Atende	Não Atende
Lima	9	Atende	Atende	Não Atende
Meca	9	Atende	Atende	Não Atende
Duartina	9	Atende	Atende	Atende
Braga	8	Não Atende	Atende	Atende
Bari	7	Atende	Atende	Não Atende
Brazópolis	7	Atende	Atende	Não Atende
Limeira	6	Atende	Atende	Não Atende
Jaca	7	Atende	Não Atende	Não Atende

Da tabela, percebe-se que a cidade de Duartina é a que acumulou o maior número de pontos e que, ao mesmo tempo, atendeu aos três aspectos impositivos. Sendo assim, pelos resultados apresentados pela planilha, a cidade de Duartina, sob o aspecto técnico, é a melhor escolha para receber o grupamento logístico recuado.

Convém lembrar que a planilha eletrônica é um sistema de apoio à decisão. Dessa maneira, a decisão final caberá ao usuário da informação gerada que, no caso, em última instância, é o comandante do Exército de Campanha.

### 6.1.2. Localização dos Grupamentos Logísticos Avançados

Nesta fase, serão identificadas as cidades que receberão os grupamentos logísticos e que grande unidade cada um dos grupamentos logísticos irá atender. Para a consecução dos objetivos desta fase, serão executadas as etapas a seguir.

#### 6.1.2.1. Primeira Etapa: Localização das Cidades Candidatas

A partir da análise do mapa utilizado, foram identificadas as seguintes cidades, situadas entre a LAADA e a ULD, ou seja, candidatas a receberem um grupamento logístico avançado: Duarte, Paula, Tula, Pirati, Itu, Ariosto, Milo, Roure, Lenda, Praia Azul, Santana e Paraíso.

#### 6.1.2.2. Segunda Etapa: Aplicação da macro GptLogA às Cidades Candidatas

A aplicação do algoritmo às cidades candidatas, gerou o seguinte relatório de saída:

Cidade	Distância a LAADA (Km)	Capacidade estradas	Distância Máxima de Apoio
Duarte	Atende	Atende	Atende
Paula	Atende	Atende	Atende
Tula	Atende	Atende	Atende
Pirati	Atende	Atende	Atende
Itu	Não Atende	Atende	Atende
Ariosto	Atende	Atende	Atende
Milo	Atende	Atende	Atende
Roure	Não Atende	Atende	Atende
Lenda	Atende	Atende	Atende
Praia Azul	Atende	Atende	Atende
Santana	Não Atende	Atende	Atende
Paraíso	Atende	Atende	Atende

Da Tabela, percebe-se que as cidades de Itu, Roure, Praia Azul e Santana não atendem à distância de segurança. Sendo assim, essas cidades não passam para a próxima etapa.

### 6.1.2.3. Terceira Etapa: Aplicação do algoritmo de Programação Linear Inteira

Nesta etapa, decidiu-se, após a aplicação do algoritmo de programação linear inteira, apresentado no item 5.3.3, dentre as cidades pré-selecionadas, quais receberiam os grupamentos logísticos avançados e também qual unidade operacional seria apoiada por cada grupamento logístico.

É importante ressaltar que eram 14 grandes unidades a serem apoiadas. Dessa forma, utilizando a premissa de se instalar o menor número possível de grupamentos logísticos, procedeu-se a instalação de três grupamentos logísticos.

A aplicação do algoritmo foi realizada na Plataforma Solver da planilha eletrônica Excel. A tabela a seguir, apresenta os resultados obtidos, realçando as cidades escolhidas para receber um grupamento logístico avançado, no caso, as cidades de Milo, Lenda e Paraíso e o relacionamento destes com as grandes unidades a serem apoiadas. A célula pertencente à segunda linha e à décima coluna da tabela encontra-se marcada com um x, representando que o grupamento logístico situado na cidade de Milo apóia a DE de Roure.

Grupamento Logístico	Brazão				Santana				Roure				Itu	Praia Azul
	DE	Bda1	Bda2	Bda3	DE	Bda1	Bda2	Bda3	DE	Bda1	Bda2	Bda3	Bda	Bda
Milo									X	X	X	X	X	
Lenda	X				X		X							
Paraíso		X	X	X		X		X						X

## 7. CONCLUSÃO

Segundo Pagonis (Pagonis, 1994), modernamente conceituando, Logística é a busca pela otimização das áreas de transporte, suprimentos, armazenagem, manutenção, gerenciamento, aquisição e automação de tal maneira a assegurar o total apoio de uma estratégia, uma missão ou um objetivo em particular.

Baseado neste moderno conceito, este trabalho pretendeu contribuir para a otimização do uso dos transportes no apoio logístico ao exército de campanha. Para contribuir para a racionalização de tais meios, foi abordado particularmente o problema da localização dos grupamentos logísticos, avançados e recuados.

Foi apresentada uma metodologia a ser utilizada no processo de localização das facilidades citadas no parágrafo anterior. Além disso, foi apresentada uma aplicação prática de tal metodologia.

A escolha de implementar os algoritmos, envolvidos na resolução dos problemas, em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, foi motivada pelo objetivo de fornecer um sistema de apoio à decisão em um ambiente amplamente conhecido pelo usuário final.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ENGELS, D. W. **Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian War.** California: University Presses of California, Columbia and Princeton, 1992.
- [2] PAGONIS, W. G., CRUIKSHANK, J. L. **Moving Mountains: Lessons in Leadership and Logistics from the Gulf War.** Haward: Harward Business School Press, 1994.
- [3] ANTEPROJETO **Apoio Logístico aos Grandes Comandos Operacionais da Força Terrestre.** Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME), 1995.
- [4] BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: o processo de Integração da Cadeia de Suprimento.** São Paulo: Atlas, 2001
- [5] CHOPRA, Sunil & MEINDL, Peter, **Suplly Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.** Ed. Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- [6] GOLBBARG, Marco Cesar & LUNA, Henrique Pacca L. **Otimização Combinatória e Programação Linear.** Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2000.
- [7] NOVAES, Antônio Galvão, **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos,** Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2001.
- [8] BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organizacao e Logística Empresarial.** Editora Boolman, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2001. Segunda referência.