

UM SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO PARA MOBILIZAÇÃO DOS TRANSPORTES

Rogério Oliveira da Silva (a)
Vânia Barcellos Gouvêa Campos (b)
Francisco José d'Almeida Diogo (c)

INTRODUÇÃO

Os modernos Sistemas de Informação têm incrementado o poder analítico das organizações, desenvolvido o potencial de diversas atividades e fornecido efetivo suporte à tomada de decisão. Por essas considerações, todos os governos têm direcionado esforços para desenvolvê-los e empregá-los de forma cada vez mais ampla.

Neste contexto, não se permite, nos tempos atuais, que o planejamento da mobilização dos transportes seja feito com base em informações convencionais e restritas de outrora, mas sim, apoiado em Sistemas de Suporte à Decisão dotados de Sistemas de Informação e de recursos computacionais cada vez mais especializados.

Segundo o chefe do Estado-Maior do Exército americano, Gen Dennis J. Reimer (GRANGE, D. L. & KELLEY, J. A., 1998), “as Operações do século XXI basear-se-ão fundamentalmente no conhecimento oriundo da informação... relevante coletada, processada, analisada e difundida por todo um complexo global de Sistemas. Esse ambiente de informação militar em evolução irá mudar radicalmente o estilo com que nós, o Exército, conduzimos operações em tempo de paz e em situações de conflito”.

Esta citação retrata uma das preocupações dos oficiais de qualquer exército, que é a disponibilidade das informações, devidamente atualizadas e analisadas, em que os órgãos de coordenação, controle e decisão possam se apoiar.

a e c – Mestres em Ciências.
b – Doutora em Ciências.

Simultaneamente às atividades relacionadas com o transporte administrativo de rotina, a Força Terrestre tem como atribuição permanente o planejamento sistemático da Mobilização dos Transportes. Tal planejamento tem sido executado sem o uso adequado dos recursos computacionais. O levantamento, a manipulação de dados regionais, a elaboração de planos, remessas e outros procedimentos correlatos vêm sendo executados praticamente de forma manual.

Além da mobilização dos transportes em situações de conflito, o planejamento de estratégias de evacuação em casos de acidentes deve ser feito com base em informações que possibilitem uma mobilização mais eficiente dos transportes, entre estas informações destaca-se: a população em risco, a localização dos abrigos ou zonas de segurança, a rede viária, a capacidade das rotas em potencial e os modos de transportes disponíveis.

Neste contexto, apresenta-se neste artigo uma pesquisa desenvolvida no IME que gerou a dissertação de mestrado intitulada “Modelo de Apoio ao Planejamento da Mobilização dos Transportes” (Silva, 2001), recentemente concluída. Este trabalho teve como principais objetivos:

- o desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão, associando aspectos técnicos, econômicos e militares, de forma a racionalizar a utilização dos meios de transportes disponíveis numa situação de conflito ou de emergência;
- a implementação de um protótipo automatizado para o apoio à tomada de decisão no planejamento da Mobilização dos Transportes; e
- dar continuidade ao Projeto SIMMTRA – Sistema de Mobilização Militar dos Transportes que vem sendo desenvolvido desde 1993, com apoio da Diretoria de Transportes do Exército.

Resumidamente, o Projeto SIMMTRA compreende o desenvolvimento de um Sistema de Informações para Transporte – SIT, contendo informações sobre os diversos meios de transportes, para subsidiar o planejamento e o gerenciamento da Mobilização dos Transportes. Até 2001, foram elaborados estudos e implementados protótipos informatizados para os modos Rodoviário, Ferroviário e Hidroviário, utilizando-se a linguagem SQL Oracle, voltada para o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados – SGBD Oracle 7.3, da empresa Oracle System Corporation. Atualmente, esse SGBD tem sido utilizado pelo Exército Brasileiro como ferramenta padrão para o desenvolvimento de aplicações em Banco de Dados.

ESTRUTURA CONCEITUAL DO MODELO DE APOIO À DECISÃO

De maneira genérica, define-se *modelo* como uma representação abstrata e simplificada de um sistema real, com a qual se pode explicar, reproduzir, simular ou testar seu comportamento. O modelo de apoio ao planejamento da mobilização militar dos transportes

consiste numa aplicação de técnicas de pesquisa operacional, com base em dados referentes às cargas e pessoal, aos recursos de transporte e ao cenário da situação vigente. A Figura 1 apresenta a estrutura do modelo conceitual.

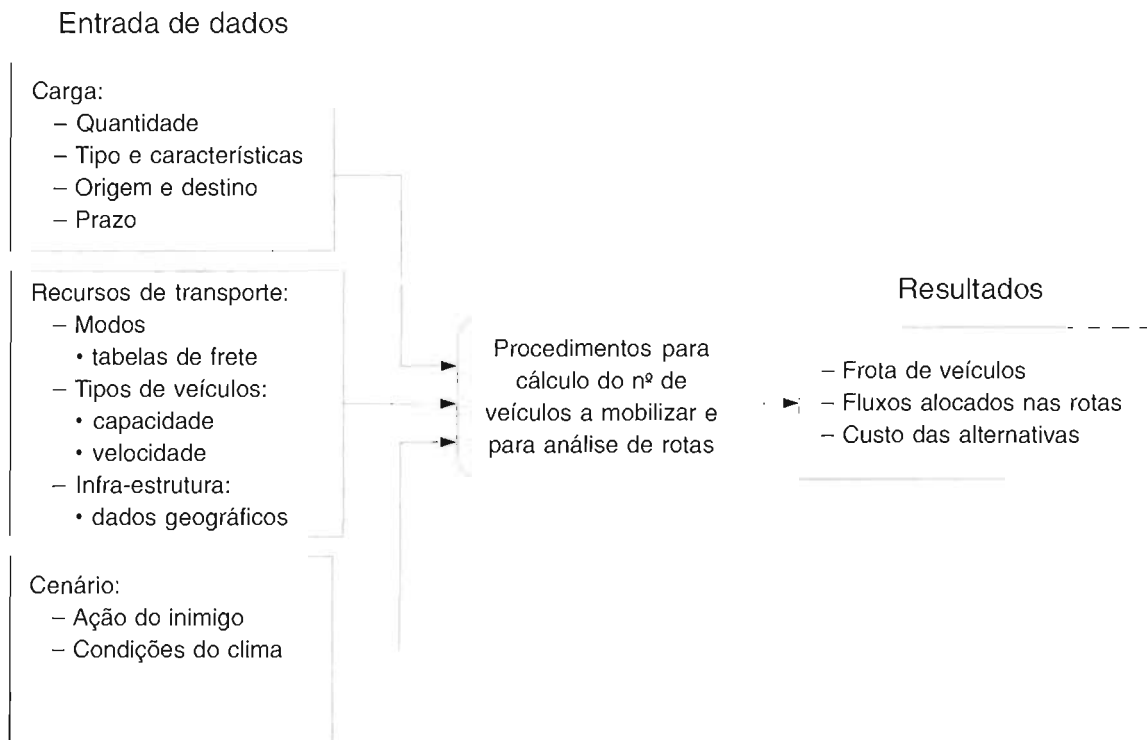


Figura 1: Estrutura Conceitual do Modelo

A estrutura do modelo proposto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema que forneça respostas mais rápidas e mais precisas no caso de mobilização. Definindo o número de veículos necessários por categoria de carga e as melhores rotas. Assim, a estrutura compreende a integração de um banco de dados, com métodos de otimização e um SIG-Sistema de Informações Geográficas.

No modelo proposto, os dados referentes às cargas compreendem suas características de natureza, peso, área e volume; os pontos de origem e de destino; os prazos em que devem chegar no seu destino etc. No Exército, estes dados são levantados pelas Diretorias, que informam a quantidade do suprimento da sua gestão que deve ser movimentada, sua natureza, locais de embarque, de destino e prazos. Assim, define-se “o que” deve ser transportado por natureza de carga e “de onde para onde transportar”.

Segundo GONÇALO (1986), para compatibilizar os veículos a serem mobilizados com as características da própria carga, torna-se necessário separar os suprimentos em dois grupos:

a. Grupo de suprimentos normais

Neste grupo se enquadram as cargas que podem ser transportadas em veículos fechados tipo carga geral. Devido ao fato de não exigirem nenhum outro tipo de veículo, formam apenas um grupo que, por sua vez, divide-se em tantos subgrupos quantas forem as classes de suprimentos a serem transportadas.

b. Grupos de suprimentos especiais

Os grupos de suprimentos especiais são aqueles que exigem veículos diferentes dos veículos fechados de carga geral, pela própria natureza das cargas e de suas respectivas características. Assim, podem ser classificados nos seguintes grupos: gêneros frigorificáveis, granéis sólidos, granéis líquidos (combustíveis e lubrificantes), peças de grande porte etc. Estes suprimentos compreendem tantos grupos quantos forem os diferentes tipos de veículos empregados no seu transporte, e cada grupo contém um número de subgrupos igual ao número de artigos que o compõem ou ao número de agrupamentos de artigos que possam ser transportados em um mesmo veículo.

Os dados referentes aos recursos de transporte compreendem as características dos meios de transporte (disponibilidade, capacidade, velocidade etc.), da infra-estrutura (vias, terminais e operação), restrições (gabarito, peso etc.), e outras descrições para os diferentes tipos de transporte (aéreo, terrestre e aquático). Todas estas informações serão obtidas por meio do banco de dados do SIMMTRA, que possui o cadastro da frota própria das Forças Armadas e das frotas de terceiros com possibilidades de atendimento à mobilização dos transportes.

Os dados referentes ao cenário da situação vigente compreendem as áreas onde há possibilidades de ação do inimigo e de interferência do clima. Estas informações fazem parte do planejamento global da operação militar e os parâmetros são definidos através de uma análise por um grupo de militares.

Após a entrada dos dados, obtêm-se, com a utilização de métodos de otimização, o número de veículos a serem mobilizados e as melhores rotas. Esta etapa foi dividida em atividades distintas, algumas das quais usando métodos para otimizar e/ou agilizar suas tarefas, e outras das quais sem o uso destes métodos, conforme se pode observar no fluxograma representado na Figura 2.

A formulação de opções de transporte é feita com base no conhecimento da malha viária e dos terminais que possam ser utilizados no deslocamento até um determinado destino, ou seja, esta etapa visa a identificar a forma de realização do transporte, em relação às possibilidades de conjugação dos modais (unimodal ou multimodal).

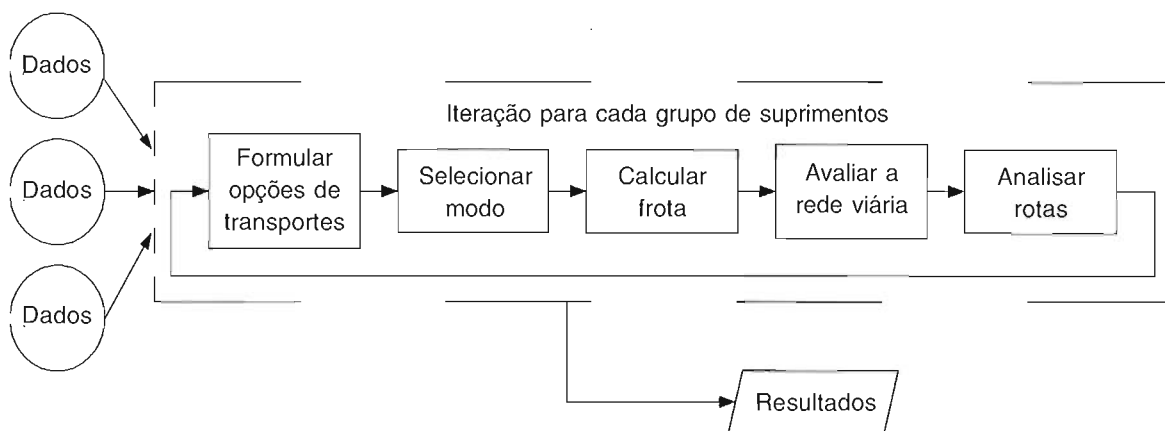


Figura 2: Fluxograma dos procedimentos

A seleção do modo é feita em função das opções formuladas e dos sistemas de transportes em cada trecho de rota.

O cálculo da frota de veículos é baseado no modo de transporte selecionado, nas características da carga e na disponibilidade de caminhões, de vagões ou de embarcações para transportar cada grupo de suprimentos.

Com o objetivo de racionalizar a mobilização dos transportes, adotou-se a seguinte premissa básica: alocar a demanda de cada grupo nos veículos adequados, de modo que o transporte seja executado com um número mínimo de veículos, respeitando-se a oferta disponível de cada tipo de veículo. Assim, definiu-se a seguinte função objetiva a ser minimizada:

$$Z = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n X_{i,j}$$

Onde:

$X_{i,j}$ – Número de veículos tipo “j” que transportam suprimentos do subgrupo “i”

k – Número de subgrupos a transportar

n – Número de tipos de veículos adequados

A função objetiva anteriormente definida está sujeita às seguintes restrições: atendimento de demanda, disponibilidade de veículos e limite das variáveis.

a) *Restrições de atendimento de demanda:*

Tendo-se a capacidade útil de cada veículo e a demanda por subgrupo, montam-se as restrições do tipo:

$$\sum_{j=1}^n Cu_{ij} \cdot X_{ij} \geq D_i \quad ; i = 1, 2, \dots, k$$

Onde:

D_i – Demanda do subgrupo “i”, em toneladas

Cu_{ij} – Capacidade útil do veículo tipo “j” transportando o subgrupo “i”, em toneladas;

b) *Restrições da disponibilidade de veículos:*

Tendo-se o número de veículos disponíveis por tipo selecionado, montam-se as restrições do tipo:

$$\sum_{i=1}^k X_{ij} \leq NVD_j \quad ; j = 1, 2, \dots, n$$

Onde:

NVD_j – Número total de veículos do tipo “j” disponíveis para o grupo considerado;

c) *Limite das Variáveis:*

O número de veículos de cada tipo a ser utilizado no transporte será sempre um valor inteiro positivo ou um valor igual a zero, portanto:

$$X_{ij} \geq 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, k \quad e \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Em resumo, o problema de determinar a menor frota de veículos para a alocação de demandas de diversos subgrupos de suprimentos militares, tem a seguinte formulação geral:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

sujeito às restrições:

$$\sum_{j=1}^n Cu_{ij} \cdot X_{ij} \geq D_i \quad ; i = 1, 2, \dots, k$$

$$\sum_{i=1}^k X_{ij} \leq NVD_j \quad ; j = 1, 2, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, k \quad e \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Com base na formulação geral do problema descrita anteriormente, verificou-se que se trata de um caso típico de programação linear inteira, pois tem-se um problema de atribuir recursos limitados entre atividades competitivas da melhor maneira possível (ótima). Assim, este método de otimização foi proposto para o cálculo da frota de veículos a ser mobilizada.

Na avaliação da rede, busca-se calcular os fatores de impedância associados aos segmentos da rede viária disponível entre o ponto de origem e de destino. Em análise de redes, a impedância pode ser definida, de acordo com a natureza do problema, como distância, tempo, custo, risco militar ou outro valor específico.

No caso da mobilização dos transportes, em situações de conflito ou de emergência, o principal fator de impedância a ser analisado está ligado ao tempo de viagem.

Sabe-se que, o tempo médio de viagem pode ser calculado pela relação entre o espaço percorrido e a velocidade média ($T = S / V$). Desta forma, deve-se analisar as velocidades médias de cada modo de transporte, que no caso deste estudo, limitam-se aos modos rodoviários, ferroviários e hidroviários e somar os tempos de transbordo nos terminais ao tempo médio de viagem calculado para cada alternativa de rota.

Para a análise de redes utilizou-se o algoritmo de fluxo a custo mínimo de Busacker and Gowen (SMITH, D. K. M. A, 1982), que visa a determinação das rotas mais adequadas para o deslocamento de uma determinada quantidade de veículos.

Os algoritmos de fluxo a custo mínimo tratam do problema de enviar uma quantidade qualquer de fluxo θ (denominado *fluxo alvo*) de uma origem s para um destino t numa rede genérica G na qual cada arco (i,j) tem uma capacidade ou limite superior $c_{i,j}$, bem como um custo positivo $d_{i,j}$ associado a este. Este custo $d_{i,j}$ pode representar o tempo de viagem, distância, consumo de combustível, ou qualquer outra medida dependendo da aplicação desejada, ou mesmo um conjunto de medidas, tal como um custo generalizado. O objetivo dos algoritmos de custo mínimo é, então, encontrar os caminhos de fluxo que minimizam o custo (tempo, distância ou outro custo) total do transporte respeitando os limites de capacidade de cada link da rede.

Além da definição das rotas, faz-se necessário verificar o custo monetário total de deslocamento. Para obter este valor na mobilização dos transportes é necessário a obtenção de tabelas com os fretes praticados pelas empresas mobilizadas. Os fretes, em geral, podem ser cobrados em função da quilometragem percorrida, do peso da carga, do valor da carga e das taxas ou tributos.

Dentro do modelo proposto, os dados relativos ao frete estão armazenados no banco de dados do SIMMTRA. Assim, conhecendo-se as quantidades de suprimentos a serem transportados e as distâncias a percorrer para cada rota escolhida, é possível estimar o valor de frete a ser indenizado às empresas de transporte mobilizadas.

IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Protótipos são sistemas desenvolvidos a partir de especificações preliminares e com a aparência dos produtos finais concluídos. As técnicas de Prototipação têm sido utilizadas para fornecer rápidas demonstrações funcionais de sistemas e obter retornos críticos dos usuários finais (LEÃO, 1988), constituindo-se atualmente em poderosas ferramentas de definição e validação de projetos.

O protótipo em questão, denominado de Sistema de Informações Geográficas para a Mobilização Militar dos Transportes – SIGMMT, foi implementado utilizando Delphi 3.0, da empresa Borland International e com o Geographic Information Systems Developers Kit-GISDK, da empresa Caliper Corporation.

Por meio do *software* Delphi, foi possível criar programas que acessam o Banco de Dados do SIMMTRA com o auxílio das interfaces gráficas desenvolvidas. A Figura 3 representa a arquitetura de integração do protótipo com as tabelas armazenadas no SIMMTRA.

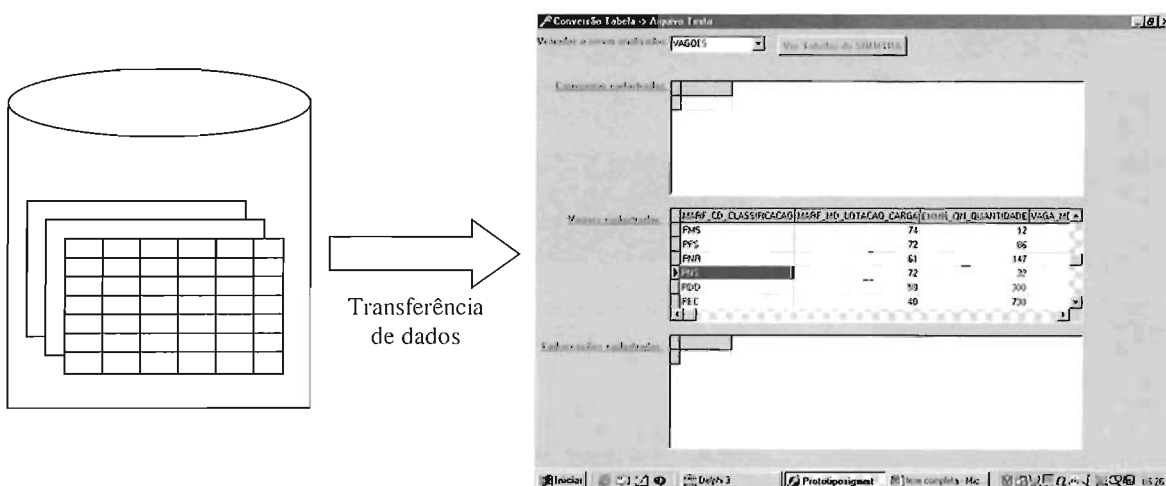


Figura 3: Arquitetura de integração do protótipo com o SIMMTRA

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam algumas telas do protótipo SIGMMT. A Figura 4 apresenta a tela de abertura com o menu principal, a Figura 5 apresenta a tela onde são escolhidos os veículos a serem utilizados na mobilização e na Figura 6 tem-se a janela com os custos por categoria de carga nas rotas.

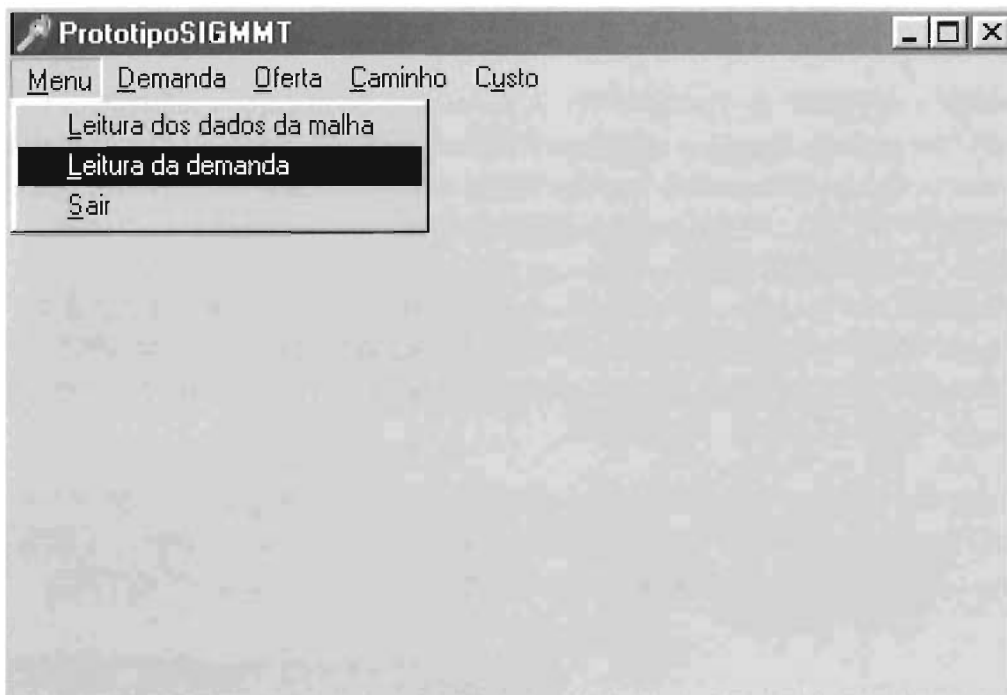


Figura 4: Tela de abertura e acesso aos menus principais

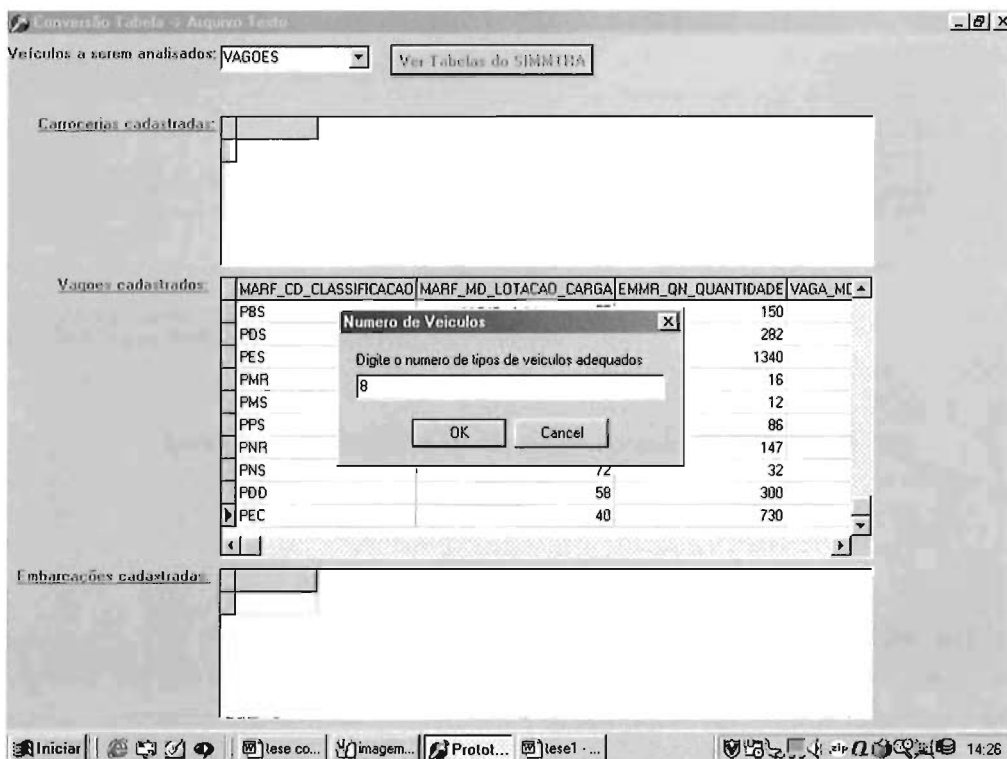


Figura 5: Tela de entrada do número de tipos de veículos adequados

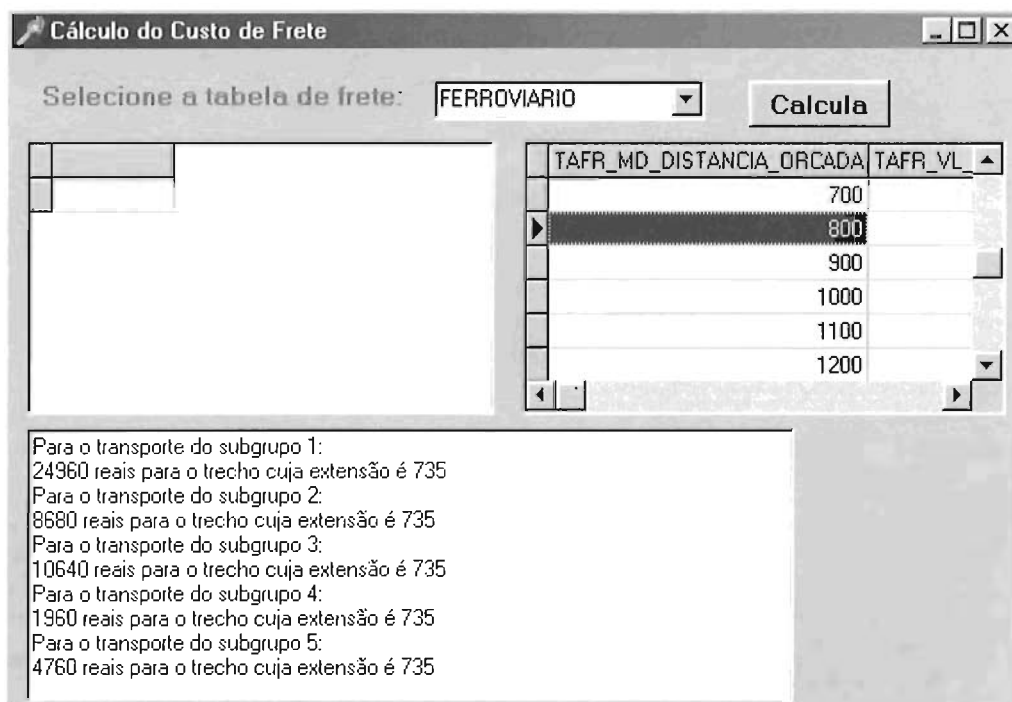


Figura 6: Tela para cálculo das despesas de frete dos veículos mobilizados

Finalmente, utilizando-se o *software* GIS-Maptitude integrado com o protótipo implementado em Delphi, são gerados mapas temáticos com as rotas resultantes da utilização do algoritmo de Busacker and Gowen. A Figura 7 apresenta as rotas resultantes de uma aplicação realizada para o transporte de viaturas militares entre o Rio de Janeiro (Estação Ferroviária de Arará) e Santa Maria.

A integração com o SIG é feita por meio das rotinas em GISDK que auxiliam na transferência de dados dos links, tais como: códigos identificadores, nós iniciais e finais, capacidades e tempos médios de viagem, conforme mostra a Figura 8.

CONCLUSÕES

Nenhuma nação pode desconsiderar o uso de Sistemas de Apoio à Decisão em planejamentos de Mobilização dos Transportes. Além disso, as atividades que implicam no suporte de informações para cada Modo de Transporte devem ser feitas com a utilização de modernos Sistemas de Informação.



Figura 7: Tela do SIG-Maptitude mostrando os fluxos de trens alocados nas ferrovias

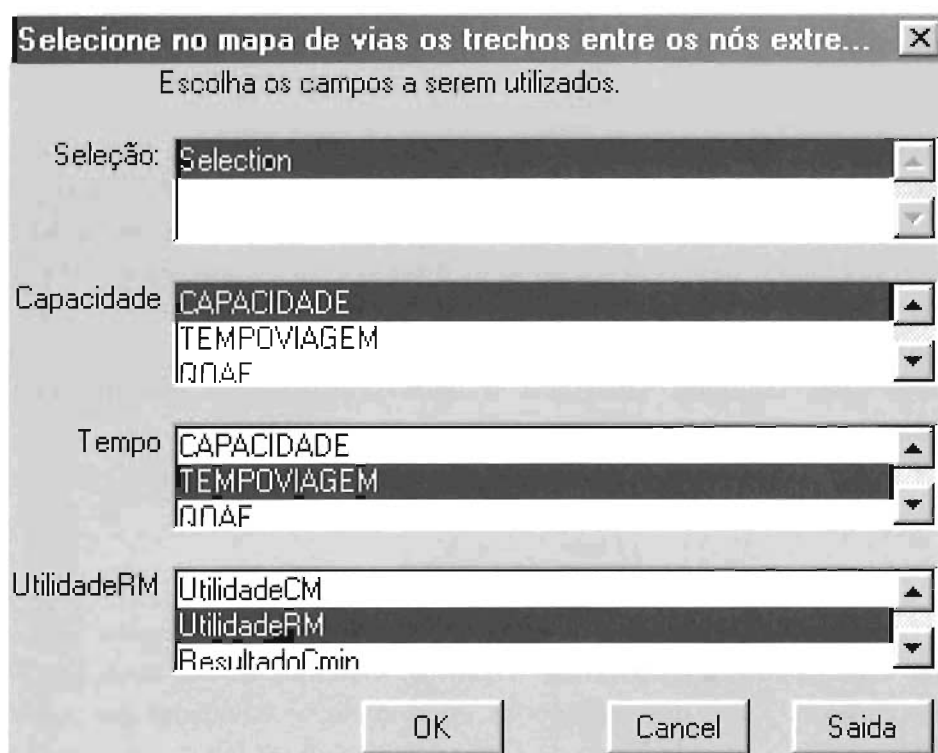


Figura 8: Tela de seleção das entidades e campos do GIS

O presente trabalho buscou contribuir de forma oportuna para a solução dos problemas de planejamento da Mobilização dos Transportes, uma vez que propôs para o cálculo da frota de veículos e para a análise de redes a utilização de técnicas de pesquisa operacional, basicamente fundamentadas nos métodos de otimização.

Quanto às ferramentas utilizadas no desenvolvimento do protótipo:

- Observou-se que o SGBD Oracle 7.3 permite o acesso aos dados do SIMMTRA de maneira ágil, mesmo quando solicitados por meio de programas em Delphi.
- Constatou-se que o SIG-Maptitude é muito versátil, pois permite a implementação de rotinas que facilitam a integração com programas em Delphi para resolver problemas de análise de redes que não estão incorporados a este SIG. Foi observado também que o sistema manipula grandes quantidades de dados e fornece saídas gráficas de fácil assimilação, como mapas temáticos e tabelas.
- O *software* Delphi 3.0 mostrou-se adequado para a integração com o SGBD Oracle e com o SIG-Maptitude.

337

REFERÊNCIAS

- GONÇALO, E. A. *Racionalização do Transporte Ferroviário de Suprimento*. Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1986.
- GRANGE, D. L. & KELLEY, J. A. *Military Review*. 1998, 1º Trimestre, p. 2-12.
- LEÃO, V. L. S. *Aplicação das Técnicas de Prototipação no Desenvolvimento de Sistemas em Banco de Dados*. Anais do XIX Congresso Nacional de Informática, São Paulo, 1988.
- SILVA, R. O. *Modelo de Apoio ao Planejamento da Mobilização dos Transportes*. Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2000.
- SMITH, D. K. M. A. *Network Optimization Practice: A computational guide*. Editora Ellis Horwood Limited, São Paulo, 1982.

*A abelha e a vespa sugam as mesmas flores,
mas não sabem encontrar nelas o mesmo mel.*

Provérbio Popular

*Para alcançar a vitória, é preciso, antes de tudo,
acreditar nela.*

Provérbio Popular