

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO
COMPUTACIONAL UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE
SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS:
APLICAÇÃO AO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE
DE EMPRESAS FLORESTAIS**

José Vicente Caixeta Filho ¹

José Mário Frasson Scaff ²

Jean Eudes Pasteur Pasteur ³

Maria Tereza Françoso ⁴

Paulo Cesar Lima Segantine ⁵

Segundo Carlos Lopes ⁶

RESUMO

Tendo em vista a extrema importância do gerenciamento de transporte para a eficiência econômica de empresas de florestamento, é proposta a utilização da tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas para a diminuição dos custos envolvidos no transporte de pessoal e alimentação. Um protótipo computacional também foi desenvolvido para uma região específica de empresa atuante no setor florestal.

Termos para Indexação: transporte de pessoal, transporte de alimentação.

¹ Engenheiro Civil, Doutorando em Engenharia de Transporte pela Escola Politécnica da USP, Assistente do Departamento de Economia e Sociologia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e Coordenador do Centro de Informática na Agricultura da USP. Endereço: Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP - Brasil.

² Tecnólogo em Processamento de Dados pela Universidade Metodista de Piracicaba, Mestrando em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Paulo e Programador de Sistemas do Centro de Informática na Agricultura da USP. Endereço: Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP - Brasil

³ Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da USP. Endereço: Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP - Brasil.

⁴ Doutorando em Engenharia de Transporte pela Escola Politécnica da USP, Assistente do Departamento de Transporte da Escola de Engenharia de São Carlos - USP. Endereço: Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - Caixa Postal 359, 13560 - São Paulo - SP - Brasil

⁵ Doutorando em Engenharia de Transporte pela Escola Politécnica da USP, Assistente do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP. Endereço: Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - Caixa Postal 359, 13560 - São Paulo - SP - Brasil.

⁶ Doutorando em Engenharia de Transporte pela Universidade Federal de São Carlos, Assistente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. Endereço: Rodovia Washington Luiz, km 235, 13560 - São Carlos - SP - Brasil.

**DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL PROTOTYPE
USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
TECNOLOGY: APPLICATION TO FORESTRY
TRANSPORT PLANNING**

ABSTRACT

Considering the extreme importance of transport planning for the forest field, it is proposed the use of Geographic Information Systems as a means of diminishing the costs incurred by the activities of transportation of workers and their respective meals. A computational prototype was also developed for a specific region of a very active company in forestry.

Index Terms: transportation of workers, transportation of meals.

1. INTRODUÇÃO

As empresas de florestamento vêm pouco a pouco tomando consciência de seus problemas de transporte e tentam, de certa forma, solucioná-los com o objetivo de reduzir seus custos e melhorar a qualidade deste serviço. Esta é uma atitude correta, uma vez que o capital alocado ao sistema de transporte pode ser significativo em determinados ramos de atividades.

Entretanto, os problemas ligados à operação de sistemas de transporte são bastante complexos devido a diversos fatores, tais como:

- variações diárias, semanais e sazonais das necessidades, ou melhor, da demanda por serviço de transportes;
- flutuações de ordem econômica;
- falta de uma visão integrada do conjunto da empresa.

Dentre as técnicas atualmente utilizadas para abordar este tipo de problema estão os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes vêm proporcionando, entre outros, soluções a problemas ligados a organização e estruturação do transporte (dimensão da frota de veículos, organização de rotas, programação de horários, etc.).

Em vista disso, propõe-se a aplicação dessa técnica para a recomendação de estratégias que visem uma maior eficiência dos serviços de transporte de pessoal e alimentação em empresas de florestamento.

Foram assim realizados os levantamentos de campo e de escritório considerados pertinentes à caracterização da situação de transporte de funcionários e alimentação em uma empresa florestal típica. A partir daí, as investigações que visassem o mapeamento de fazendas e moradias, além da discriminação de planilhas de custo de transporte de funcionários e custo de transporte de alimentação, se tornaram passíveis de execução.

Foi ainda elaborado um protótipo computacional para uma região específica, de tal modo que uma primeira simulação que integrasse os dados coletados pudesse ser efetuada.

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A empresa pesquisada vem atuando na área de produção de papel e celulose desde o início da década de 70, sendo possuidora de 125 fazendas numa área total de 50.000 hectares, sendo 32.000 hectares ocupados com eucaliptos para produção de celulose. Estas fazendas, localizadas ao longo do Vale do Paraíba, entre o município de Guararema (Grande São Paulo) e o município de Rezende (RJ), fornecem matéria prima para o setor industrial da empresa.

A precipitação média anual na região é de 1300 mm, com um período de menor precipitação no inverno. A temperatura média é de 24° C e o relevo muito variável, predominando de forte ondulado a montanhoso, com poucas situações de relevo suave.

O gerenciamento florestal, principalmente devido às características dinâmicas das atividades envolvidas, apresenta um elevado grau de complexidade, agravado pela dispersão espacial de suas fazendas, distribuídas numa extensa região geográfica abrangendo três Estados. A visão da dispersão das fazendas na região pode ser visualizada no Gráfico 1.

Esse cenário tem sido responsável pelo alto desembolso relativo aos custos operacionais da empresa. Particularmente, as despesas com atividades de transporte de pessoal para o campo e transporte de sua alimentação, segundo informações da própria empresa, totalizam aproximadamente 40% de seus custos. Ressalte-se também que a maior parte dos serviços de transporte tem sido fornecida por terceiros.

2.1 Estruturação Do Problema

Para uma melhor representação do problema o mesmo foi estruturado, em módulos, conforme mostra o Gráfico 2. Basicamente, quatro módulos estão associados aos dados de entrada de característica espacial, estando o módulo "Zona" num nível hierárquico superior aos módulos "Fazenda", "Sistema Viário" e "Funcionário". As informações destes módulos são aquelas suficientes para a caracterização de cada um dos entes em questão, sendo que para o módulo "Zona" elas dirão respeito às delimitações de zoneamento estabelecidas pela empresa. Portanto, a relação de pertinência dos módulos "Fazenda", "Sistema Viário" e "Funcionário" ao módulo "Zona" será fundamental para a definição do domínio espacial em estudo.

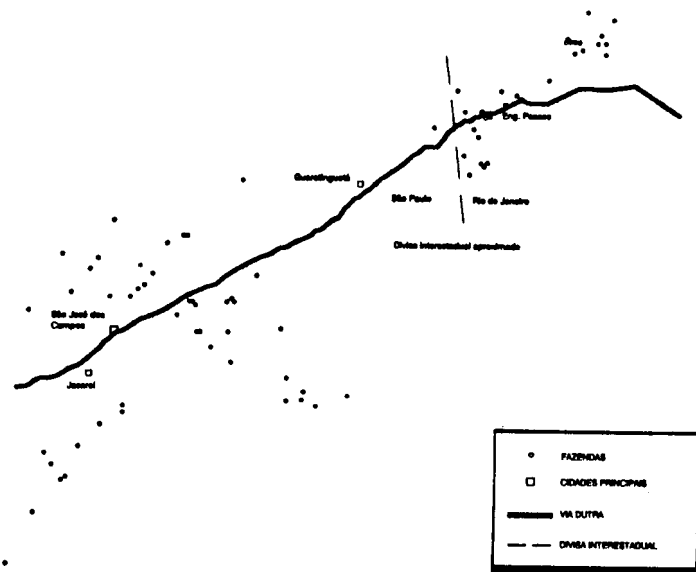


GRÁFICO 1

Quanto a dados de entrada de características não espaciais, estes foram englobados no módulo "Funções de Custo", envolvendo as informações pertinentes ao custo de opções de transporte e/ou investimento.

Esses dados de entrada serão operados dentro do módulo "Estratégia", que oferecerá uma série de opções para um gerenciamento mais eficiente de transporte de pessoal e alimentação (traçado de caminhos mínimos, determinação de localização ótima de estruturas de alojamento, refeitórios, estacionamento de veículos, etc.).

A partir da "Estratégia" selecionada pelo usuário, relatórios tabulares ou gráficos poderão ser emitidos conforme exemplificados no Gráfico 2.

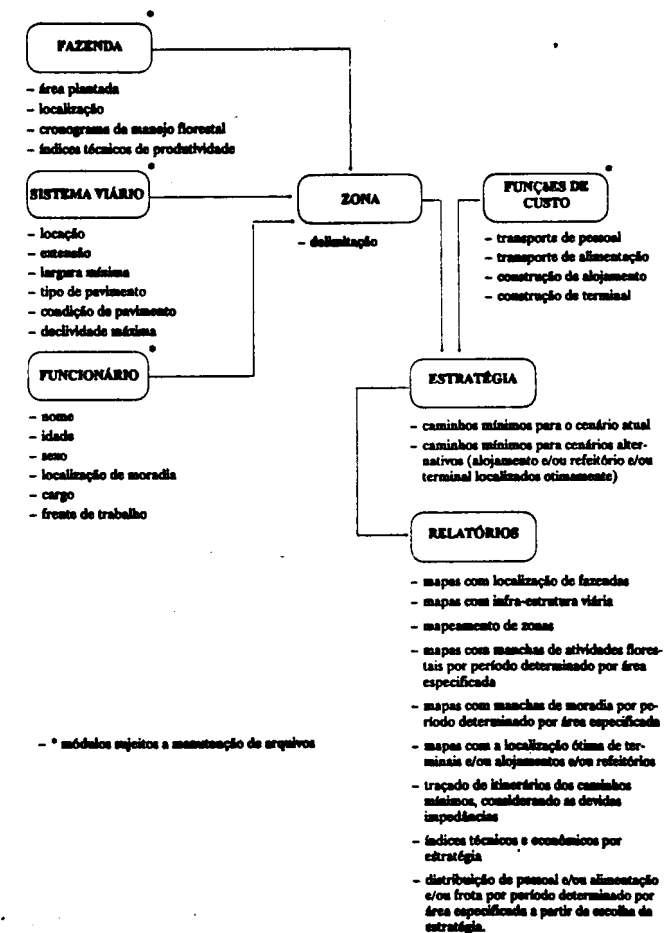


GRÁFICO 2

3. OBJETIVO

O objetivo básico deste estudo é que, a partir de uma caracterização de cenário, seja feita a recomendação de um sistema computacional de informações geográficas, via elaboração de protótipo, que auxilie o gerenciamento do transporte de pessoal e sua alimentação, visando a diminuição de custos envolvidos.

4. ARCABOUÇO METODOLÓGICO

Um SIG é alimentado por informações sobre entes, obtidas por observação direta ou indireta do mundo real. Segundo RODRIGUES (1990), a especificação de dados é a indicação dos entes e atributos de interesse e de sua forma de mensuração, tornando-se insumo da coleta de dados. Conforme ilustrado no Gráfico 2, as fazendas, o sistema viário, os funcionários e as funções de custo serão os entes aos quais atributos estarão associados.

Há basicamente dois métodos para identificação espacial das informações: o primeiro usa a forma de medidas por coordenadas X, Y (representação vetorial) e o segundo envolve definições de fenômenos geográficos relacionando pontos, linhas, redes, polígonos e células adjacentes (representação matricial).

Nas representações vetoriais, os pontos, linhas e áreas são, em geral, associados a pontos, linhas e polígonos, relacionando-se a cada um dos pontos um par de coordenadas. Nas representações matriciais a referência espacial é provida por códigos de localização das células sobre as quais incidem pontos, linhas e áreas. Mais comum é a utilização da malha retangular, onde a referência às quadrículas entre pontos, linha e áreas é feita através de uma matriz binária.

No presente estudo, optou-se pela representação vetorial dos dados, uma vez que esta tem como característica a geração de menores volumes de dados, facilidade de associar atributos a objetos, facilidade de manipulação individual dos objetos e a precisão de operações, que depende somente do procedimento de aquisição dos dados. Assim, por exemplo, foram associados aos pontos as residências dos operários e fazendas; e às linhas as vias de acesso. As fontes de dados básicas:

- rede de pontos de controle geodésico para a referência geográfica dos dados espaciais em termos de coordenadas X, Y, e Z;
- mapa-base (vide Gráfico 1) para o fornecimento de informação cadastral relacionada à rede de pontos geodésicos;
- mapa cadastral com os limites das fazendas e a locação do sistema viário;
- cadastro com os atributos por funcionário, definidos no Gráfico 2.

Assumindo assim a representação vetorial como a mais adequada, a problemática de transporte de funcionários e alimentação foi exaustivamente discutida com os técnicos da empresa, chegando-se à conclusão de que o tratamento mais

adequado seria aquele representado pela roteirização de veículos que atendesse a uma série de restrições específicas, tanto a nível de oferta quanto a nível de demanda de insumos.

4.1. Levantamento de dados

Para cada zona, denominadas pela empresa como Unidade de Manejo Sustentada (UMS), são definidos os níveis de abrangência referentes às localizações de fazendas, funcionários e sistema viário.

Com isso, em uma determinada UMS, são identificadas malhas compostas de uma série de ramos resultantes das possíveis ligações entre nós. Cada nó representará uma referência de importância estratégica para o problema de transporte, como por exemplo, as próprias fazendas, frentes de trabalho, local de coleta de funcionários, local de fornecimento de alimentos, pontos iniciais e finais de trajeto de veículos, etc..

As informações necessárias associadas às características físicas e lógicas de cada nó definirão então um caminhamento lógico para a coleta de dados propriamente dita.

É apresentada a seguir uma relação de nós e respectivas características consideradas como relevantes para a definição do cenário atual de transporte na empresa. Todas estas características foram levantadas em campo, ou escritório, para toda a área de abrangência da empresa.

Fazendas: área plantada, área total, localização das fazendas (coordenadas, municípios, UMS), localização e extensão das estradas, número de talhões, data final de arrendamento e distância da empresa.

Estradas: normas de construção, classificação interna quanto à largura mínima, ao pavimento, à declividade máxima e quilometragem.

Cidades do Vale do Paraíba: coordenadas de latitude e longitude.

Funcionários: nome, índice de produtividade, local de trabalho, UMS, moradia (município/bairro), cargo, idade, sexo.

Veículos: ano, marca, modelo, capacidade de transporte, valor estimado, depreciação.

Custos: custo por quilômetro rodado de ônibus, kombi, furgão e veículo de transporte de alimentos e funcionários; custo de construção de alojamentos permanentes e temporários; custo de marmita e cozinha; custos de abrigos, pontos e estacionamento para ônibus.

Informações básicas de Planejamento: Estratégico, Macro, Micro e Florestal.

Com relação aos dados coletados para cada fazenda, observa-se que são dados consistentes quanto às características relevantes ao protótipo, principalmen-

te no que tange à localização na malha viária e sua área cultivada. Este último dado será posteriormente associado às características de produtividade dos funcionários, auxiliando assim a quantificação dos funcionários transportados em relação à época e atividade executada.

Por outro lado, quanto às estradas, a complexidade da malha viária estudada com que se tenha um certo grau de incerteza. Por este motivo, quando do momento da implantação do sistema como um todo, deverá ser adotada alguma estratégia efetiva de checagem das condições do sistema viário. A mais conservadora, sem dúvida, seria que todas as estradas fossem periodicamente percorridas para serem classificadas precisamente tanto a nível quantitativo quanto qualitativo.

Outra série de dados que demandará um cuidado especial é a relacionada com os funcionários, estes com alta rotatividade tanto a nível de moradia quanto a nível de atividade a ser executada.

Com relação aos veículos, os dados precisarão ser atualizados a cada mudança de contrato com as eventuais empresas prestadoras de serviços e de acordo com os custos individuais dos veículos no caso de veículos da própria empresa.

Quanto aos dados ligados ao custo, de maneira global, estes já foram associados a nós, estes deverão ser analisados periodicamente devido à dinâmica dos mercados específicos em questão.

Por fim, as informações básicas de planejamento estratégico se prestarão para a definição dos tipos de funcionários a serem coletados em diferentes épocas do ano, assim como para determinação de nós iniciais e finais de determinado percurso.

4.2 Tratamento de Dados

Entende-se por tratamento de dados as operações de armazenamento e recuperação, cálculo de índices, geração de representações etc.. Estas operações podem ser agrupadas em classes de técnicas (que têm grande interpenetração), às quais correspondem a manipulação de dados, gerenciamento de dados e produção de gráficos e mapas.

No caso específico, será de fundamental importância a manipulação de dados vetoriais, ou seja, operações que auxiliam tarefas tais como entrada e saída de dados, seu armazenamento, recuperação e integração, realização de medidas, determinação de relações e cálculo de índices. Mais particularmente, a manipulação de conexões entre pontos, como por exemplo o cálculo dos deslocamentos entre dois nós (residências de operários e áreas de corte) e definir caminhos mínimos numa rede (vias de acesso). Um outro exemplo é o cálculo do melhor posicionamento de um serviço (alojamento(s), refeitório(s)), visando beneficiar o maior número de usuários ou minimizar o custo de deslocamento dos operários até o local do serviço.

Quanto ao gerenciamento de dados, as seguintes atividades podem ser previstas: criação e estruturação de arquivos, inserção, eliminação e modificação de registros; recuperação de registros com características pré-determinadas.

Quanto à manipulação de mapas, prevê-se a composição de um ou mais mapas para formar um novo mapa, cobrindo uma nova área e o registro daqueles mapas.

4.3 Geração de relatórios

O SIG deve oferecer recursos para a geração de relatórios tabulares ou gráficos de modo a permitir o acesso a diversas informações, tais como aquelas exemplificadas no Gráfico 2 e reproduzidas abaixo:

- mapas com localização de fazendas;
- mapas com infra-estrutura viária;
- mapeamento de zonas;
- mapas com localização de fazendas;
- mapas com infra-estrutura viária;
- mapeamento de zonas;
- mapas com manchas de atividades florestais por período determinado por área especificada;
- mapas com a localização ótima de terminais e/ou alojamentos e/ou refeitórios;
- traçado de itinerários dos caminhos mínimos, considerando as devidas impedâncias;
- índices técnicos e econômicos por estratégia;
- distribuição de pessoal e/ou alimentação e/ou frota por período determinado por área especificada a partir da escolha da estratégia.

4.4 Software

A partir de uma base de dados confiável deverá ser então dimensionado um sistema para possibilitar, entre outras, as seguintes funções: criação e manutenção de um banco de dados e a recuperação, manipulação e saída de dados em forma de relatórios e/ou mapas.

Para a execução dessas tarefas, o software deverá incorporar vários subsistemas e rotinas associadas, com funções específicas e com possibilidade de interação entre si.

De um modo geral, os seguintes subsistemas podem ser previstos:

- um subsistema de entrada de dados associado a coleta e/ou processamento de dados espaciais originados de mapas existentes, sensores remotos, etc.;

- um subsistema de armazenamento e recuperação associado à organização de dados espaciais, permitindo a recuperação rápida, eficiente atualização e correção daqueles dados por parte do usuário;
- um subsistema de manipulação e análise de dados associado a uma variedade de tarefas, tais mudanças no formato dos dados através de regras de agregação, estimativas de parâmetros, otimização de variações espaço-tempo e simulações de modelos.
- um subsistema de informação de dados associado à exibição do banco de dados original assim como do banco de dados já manipulados.

Seguindo COUTO & VETTORAZZI (1990), deverão ser considerados os seguintes aspectos quando da opção por determinado software:

- o software deve ser o mais portátil possível, de forma a poder ser processado em diferentes equipamentos e sistemas operacionais, permitindo atualizações e/ou mudanças no hardware adquirido;
- o software deve ser modular, para que à medida que a empresa necessite mais sofisticação, os módulos acompanhem essa necessidade sem limitações;
- possibilidade de importar ou exportar dados e flexibilidade para realizar análises estatísticas e econômicas.

No caso de aquisição de "software" já consolidado no mercado, recomenda-se a opção por uma "software-house" que mantenha constantes atualizações, literatura de apoio, suporte técnico eficiente, treinamento básico e reuniões técnicas periódicas.

5. TESTE DE PROTÓTIPO

Dada a extensão da área de atuação da empresa, optou-se pelo teste de um protótipo representativo de região localizada na UMS 1, a qual por sinal abrange a sede da empresa, representada no Gráfico 3. Note-se, entretanto, que a finalidade do protótipo é principalmente ilustrada, não devendo se ater a considerações qualitativas sobre a região modelada.

Foram assim coletados dados geográficos relativos a nós, ramos, e suas respectivas características discriminatórias (condições de tráfego, quilometragem e identificação).

Para efeito de completude do protótipo, também atribuiu-se aleatoriamente um carregamento por nó (funcionários que residam nas imediações daquele nó).

Concluiu-se que estes dados foram suficientes para uma primeira fase. No entanto, observou-se ser de relevância tanto para a empresa quanto para o andamento do estudo que ocorra uma maior integração entre os diversos bancos de dados da empresa.

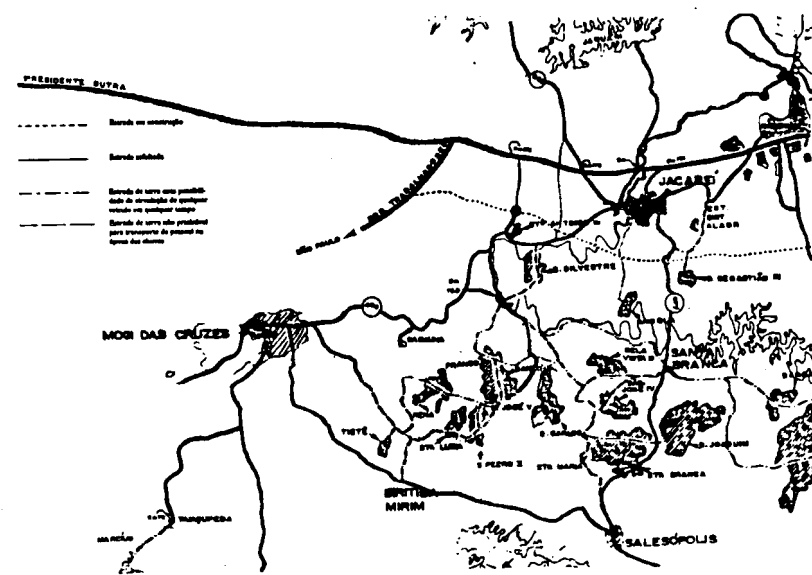


GRÁFICO 3

Para a elaboração do protótipo, uma série de algoritmos de roteirização foi pesquisada. Entre eles:

Técnicas "Cegas":

Busca em profundidade (SCHILDT, 1987)

Busca em nível ou em largura (SCHILDT, 1987)

Técnicas Heurísticas:

Subindo o morro (SCHILDT, 1987)

Menor custo (SCHILDT, 1987)

Modelo de Dijkstra (FARRER et alii, 1985)

Modelo de Floyd (NOVAES, 1989)

Basicamente, as técnicas "cegas" obtêm de maneira cartesiana seqüencial a trilha mais curta, enquanto as técnicas heurísticas buscam soluções através da utilização de regras que qualificam a possibilidade de se estar caminhando na direção correta (uso de "palpites").

Dentre estas técnicas optou-se pelo modelo de Floyd, que além de ser um dos mais documentados e divulgados, oferece facilidade tanto para a programação/estudo quanto para a verificação do seu rendimento, o qual aponta como determinante de custo a distância entre a origem e o destino (trilha mais curta).

Assim, uma rede de transporte tratada em termos matemáticos é, na realidade, um Grafo $G(N,A)$ constituído por um conjunto N de nós e um conjunto A de ramos que interligam pares de nós, sendo o ramo que liga os nós i e j de uma rede representado pela notação (i,j) .

Desta forma, a estrutura geral do método de Floyd está baseada na atribuição de algarismos identificadores $(1,2,\dots,n)$ para cada um dos nós da rede viária (grafo $G(N,A)$). São definidas duas matrizes auxiliares.

- a) matriz $D(o)$, que representa a extensão da trilha;
- b) uma matriz $P(o)$ que fornece a sequência de nós predecessores.

Observe-se que ambas matrizes são função de i e j . À medida que ocorre o processamento, os valores de i e j variam de 1 ao número total de nós.

Uma vez terminados os cálculos, o elemento de $dn(i,j)$ da matriz $D(n)$ é igual à extensão da trilha mais curta entre i e j . A matriz $P(n)$, por sua vez, permite identificar a sequência de ramos que formam a trilha mais curta entre um par qualquer de nós (i,j) .

Portanto, dada uma origem e um destino, um número necessário de funcionários para realizar determinada tarefa, o protótipo deverá não somente considerar a trilha mais curta mas assim como os carregamentos de funcionários por nó. Para o processamento devido do protótipo elaborado, os arquivos de dados ilustrados nas Tabelas 1 e 2 foram utilizados para identificação da região modelada.

Nota-se que:

- trata-se de uma parcela da rede viária total, não sendo por conseguinte demasiadamente complexa;
- não se tem uma definição diferenciada quanto à função de carga de funcionários por nós;
- as velocidades de deslocamento nos diversos ramos são estimadas.

Quanto à codificação do tipo de percurso na montagem do arquivo de ramos, optou-se pelo uso de cores. As quatro cores utilizadas (G-verde, Y-amarelo, B-azul, R-vermelho) pretendem representar o estado em que se encontra o ramo, refletindo a condição de tráfego (velocidade e tipo de veículo apto a transitar). A Tabela 3 ilustra os significados de cada uma das cores.

TABELA 1
Arquivo de Nós

Refer.	No. de funcionários por nó	Código-Nó
1	30	1 (sede)
2	15	55
3	28	2
4	13	60
5	50	62
6	19	8
7	35	9
8	48	10
9	60	11
10	21	5
11	5	56
12	0	61
13	10	57
14	52	6
15	12	13
16	0	21
17	5	17
18	90	64
19	17	14
20	120	73
21	150	72
22	0	3
23	2	65
24	34	66
25	80	12

TABELA 2
Arquivo de Ramos

i	j	Origem	Destino	Distância	Cor (Tipo-Percurso)
1	7	01	09	5.0	B
1	2	01	55	3.0	Y
1	11	01	56	2.0	Y
3	6	02	08	5.0	Y
3	8	02	10	5.0	Y
3	2	02	55	2.0	Y
10	14	05	06	4.0	G
10	9	05	11	5.0	B
10	5	05	62	5.5	B
10	13	05	57	6.0	Y
14	22	06	03	2.0	Y
14	10	06	05	4.0	G
6	3	08	02	5.0	Y
6	8	08	10	2.5	Y
6	15	08	13	5.0	Y
7	1	09	01	5.0	B
7	8	09	10	1.0	R
7	9	09	11	9.0	R
8	3	10	02	5.0	Y
8	6	10	08	2.5	Y
8	7	10	09	1.0	R
8	16	10	21	6.0	B
8	19	10	14	5.0	Y
9	10	11	05	5.0	B
9	7	11	09	9.0	R
9	25	11	12	0.4	R
2	1	55	01	3.0	Y
2	3	55	02	2.0	Y
2	4	55	60	2.0	Y
11	1	56	01	2.0	Y
11	13	56	57	2.0	Y
11	12	56	61	1.0	G
13	5	57	62	8.2	Y
13	11	57	56	2.0	Y
13	10	57	05	6.0	G
13	12	57	61	1.0	G
4	2	60	55	2.0	Y
4	12	60	61	3.0	G
4	18	60	64	3.0	Y

TABELA 2
Continuação

i	j	Origem	Destino	Distância	Cor (Tipo-Percurso)
4	21	60	72	5.0	G
12	11	61	56	1.0	Y
12	4	61	60	3.0	G
12	13	61	47	1.0	G
12	23	61	65	4.0	G
5	10	62	05	5.5	B
5	13	62	57	8.2	Y
5	22	62	03	8.0	Y
5	24	62	66	4.0	Y
15	06	13	08	5.0	Y
15	17	13	17	3.0	Y
15	16	13	21	5.0	?
16	15	21	13	5.0	?
16	8	21	10	6.0	B
17	15	17	13	3.0	Y
18	04	64	60	3.0	Y
18	20	64	73	6.0	Y
18	23	64	65	4.0	Y
19	8	14	10	5.0	Y
20	21	73	72	8.0	Y
20	18	73	64	6.0	Y
21	4	72	60	5.0	G
21	20	72	73	8.0	Y
22	14	03	06	2.0	Y
22	5	03	62	8.0	Y
23	12	65	61	4.0	G
23	18	65	64	4.0	Y
23	24	65	66	2.0	Y
24	5	66	62	4.0	G
24	23	66	65	2.0	Y
25	9	12	11	0.4	R

TABELA 3
Condificação do Sistema viário

COR	CÓDIGO	SIGNIFICADO
VERDE	G	Estrada em construção
AMARELO	Y	Estrada asfaltada
AZUL	B	Estrada de terra com possibilidade de circulação de qualquer veículo em qualquer tempo
VERMELHO	R	Estrada de terra não praticável para transporte de pessoal na época das chuvas

O código fonte do protótipo é baseado em documentação elaborada por NOVAES (1989), sendo que os resultados obtidos na roteirização de veículos na região modelada implicaram basicamente nas seguintes informações:

- obtenção do caminho mais curto (sequência de nós);
- tempo estimado de deslocamento;
- quantidade de funcionários coletados no trajeto;
- necessidades de veículos (por tipo) em função do número de funcionários coletados no percurso;
- elaboração dos custos no trajeto em função dos tipos de veículos.

A saída específica é apresentada a seguir.

Exemplo:

***** TRILHA MAIS CURTA ENTRE DOIS NÓS *****

***** ROTEIRO: 1 *****

Origem: 22 Destino: 16

22-> 14-> 10-> 09-> 07-> 08-> 16-> (Códigos-Nós)

00 -- 52 -- 21 -- 60 -- 35 -- 48 -- 00 (Funcionários/Nó)

Y	G	B	R	R	B
2.0	4.0	5.0	9.0	1.0	6.0

(Tipo-Percurso) (Distância-Km)

Extensão Da Trilha Mais Curta:	27.00
Custos Totais Por Veículos:	4494.42 x 4.02 - Ônibus
	1995.30 x 4.53 - Caminhão
	1014.12 x 22.63 - Kombi
	1014.12 x 45.25 - Passeio

Total Funcionários:	216
Tempo Médio do Percurso	0:41 Horas

5.1 Comentários

Além dos dados intrínsecos do programa que levam em conta funções de custo (de veículo, depreciação destes, salários dos motoristas,...), condições das estradas (tipo de veículo que pode transmitir, tempo de percurso, maior desgaste do veículo,...), distâncias, etc., este protótipo oferece outros tipos de informações relevantes. Entre elas, o período total da atividade e a quilometragem total, o que possibilitará ao sistema a geração de informações de custo por trecho específico.

Assim sendo, a malha viária poderá ser segmentada de acordo com a necessidade do usuário. Por exemplo, definindo-se uma Origem e um Destino, a atividade de transporte poderá ser dividida em várias operações. No caso de se transportar funcionários de um alojamento para uma frente de trabalho, passando por uma baldeação, os funcionários poderão inicialmente ser levados para o local de baldeação e em seguida para a frente de trabalho. Este raciocínio também será válido para o que disser respeito ao perfil do funcionário: num determinado trecho, apenas carregamento de funcionários ligados à silvicultura; no trecho seguinte, funcionários ligados à exploração, e assim por diante.

Na apresentação do resultado pelo protótipo, são fornecidos o nó inicial e final assim como todos os nós pelo qual deverá passar o veículo de transporte. Para cada um destes nós é fornecida a quantidade de funcionários de determinado perfil, as condições nas quais se encontram os diferentes trechos pelo qual deverá passar o veículo, assim como a distância percorrida.

Benefícios indiretos também poderão ser colhidos pelas informações fornecidas pelo protótipo. Por exemplo, embasamento para afirmar que rotas, ainda em construção, serão mais econômicas.

6. CONCLUSÕES

De uma maneira geral, percebe-se que o problema de transporte depende de fatores de diferentes complexidades, o que reintera a importância da integração do fluxo de informações interdepartamentais. Esta integração é fisicamente representada por uma base única de dados, em que a atualização de cada item pelo departamento responsável deve implicar na atualização do sistema como um todo. Exemplos deste tipo de tratamento podem ser solucionados através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) específicos.

Considerando o gerenciamento de transporte pela empresa estudada, entende-se que a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas seja adequada para a recomendação de estratégias.

Entretanto, uma maior chance de êxito na utilização do sistema será alcançada se a responsabilidade do empreendimento como um todo for assumida e exercida tanto pela empresa, quanto pelos técnicos externos à mesma (fabricantes, consultores, suporte técnico-operacional, etc.). Reuniões entre as partes durante todas as fases posteriores a esta análise inicial do problema poderão favorecer uma maior eficiência da prática da multidisciplinaridade.

Destaque-se também que a empresa deverá estar ciente da monta do investimento inicial a ser realizado (pessoal, equipamentos, software); e que o "pay-back" deste investimento deverá ocorrer num período de médio prazo, uma vez que deverá ser levado em conta o tempo a ser consumido para a estruturação dos dados.

Da qualidade dos mesmos dependerá o sucesso das estratégias de gerenciamento.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALVES, D. S. Sistema de informação geográfica. In: RODRIGUES, M. (coordenador) *Geoprocessamento*, São Paulo: EPUSP, 1990, p. 66-78.
- COUTO, H.T.Z. ; VETTORAZZI, C.A. A tecnologia do geoprocessamento para a engenharia florestal. In: RODRIGUES, m. (coordenador) *Geoprocessamento*, São Paulo: EPUSP, 1990, p. 204- 208.
- COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 54, n. 11, p. 1551-1555.
- DANGERMOND, J.A classification of software components commonly used in geometric information system. In: PEUQUET, D.; O' CALLAGHAN, (eds). *Design and implementation of computer-based geographic information systems*. Amherst : IGU Commission on Geographical Data Sensing Processing, 1983.
- ESRI OF REDLANDS. *ARC/INFO: an example of a contemporary geographic information system*. 1989.
- FARRER, H. et alli. *Programação estruturada de computadores - Pascal estruturado*, Rio de Janeiro: Guanabara, 1985, 141p.
- MARBLE, D.F. Geographic information systems: an overview. *Proceedings, Pecora 9 Conference*, Sioux Falls, S.D., 1984.p.18-24.
- NOVAES, A.G. *Sistemas logísticos: transporte, armazenagem e distribuição física de produtos*, São Paulo: E. Blücher, 1989, 372p.
- RODRIGUES, M. *Geoprocessamento*. São Paulo: EPUSP, 1987, 347p. Tese Livre Docência.
- RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: RODRIGUES, M. (coordenador) *Geoprocessamento*, São Paulo: EPUSP, 1990, p. 1-26.
- SCHILD, H. C: *The Complete Reference*. Berkeley: McGraw - Hill, 1987.773p.

STATE OF MARYLAND. MAGI: Maryland automated geographic information system. Publication # 394, Maryland Department of State Planning, 1979.

TOMLINSON, R. F. Geographic information systems: a new frontier. *The Operational Geographer*, p.31-35, 1984.