Campus de São Carlos

LOCALIZAÇÃO DE CENTRAIS DE RESÍDUOS
SÓLIDOS PARA CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS
ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS
LOGÍSTICAS E RESTRIÇÕES DE FATORES
AMBIENTAIS

Ronaldo Marinho dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

**LOCALIZAÇÃO DE CENTRAIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PARA CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS ATRAVÉS DA
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS LOGÍSTICAS E
RESTRIÇÕES DE FATORES AMBIENTAIS**

RONALDO MARINHO DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

31100051964

DEDALUS - Acervo - EESC

São Carlos

1997

Class.	T656 - EESC
Cutt.	5167
Formbe	T0030198

S/S 942392

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

S237L Santos, Ronaldo Marinho dos
Localização de centrais de resíduos sólidos
para consórcios intermunicipais através da
utilização de ferramentas logísticas e restrições
de fatores ambientais / Ronaldo Marinho dos
Santos. -- São Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.

Área: Transportes

Orientador: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

1. Algoritmos matemáticos. 2. Centrais de
resíduos sólidos. 3. Consórcio intermunicipal.
4. Multicritério. 5. Transporte de resíduos.
- I. Título.

*Porque, ao ler alguém que consegue expressar-se com toda a
limpidez, nem sentimos que estamos lendo um livro: é como se o
estivéssemos pensando.*

Mário Quintana

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar pela orientação, desde a iniciação científica, que permitiu o desenvolvimento e conclusão do presente trabalho;

Aos professores, funcionários e amigos do Escola de Engenharia de São Carlos pela amizade e atenção;

A CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro através da bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS.....	i
	LISTA DE TABELAS.....	ii
	RESUMO.....	iii
	<i>ABSTRACT</i>	iv
1	INTRODUÇÃO.....	01
2	OBJETIVO.....	07
3	ABORDAGEM MULTICRITERIAL.....	09
3.1	Classificação.....	14
3.2	Electre.....	17
3.2.1	Electre I.....	19
3.2.2	Electre II.....	21
3.3	Aplicação em centrais de resíduos sólidos.....	23
3.3.1	Critérios e alternativas.....	24
4	ALGORITMOS.....	27
4.1	Algoritmo de Kruskal.....	28
4.1.1	Versão simples do algoritmo de Kruskal.....	29
4.2	Localização do ponto ótimo.....	39
5	MÉTODO.....	43
6	ESTUDO DE CASO.....	47
6.1	APA Corumbataí.....	47
6.2	Demanda.....	48
6.3	Resultados.....	57
6.4	Discussão dos resultados.....	59
6.5	Utilização de SIG.....	67
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
	ANEXOS.....	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

LISTA DE FIGURAS

figura 1	Hierarquia de problemas.....	05
figura 2	Conceito de não-dominância.....	13
figura 3	Pontos geradores e rodovias.....	31
figura 4	Mínima árvore expandida.....	33
figura 5	Divisão da região em dois grupos.....	35
figura 6	Divisão da região em três grupos.....	37
figura 7	APA Corumbataí.....	51
figura 8	APA Corumbataí - rodovias.....	53
figura 9	Áreas favoráveis.....	55
figura 10	Análise para todos os pontos.....	61
figura 11	Análise para dois grupos.....	63
figura 12	Análise para três grupos.....	65

LISTA DE TABELAS

tabela 1	População atendida pela coleta de lixo.....	48
tabela 2	Matriz de distâncias.....	49
tabela 3	Distância média de viagem.....	59
tabela 4	Número de instalações.....	60

RESUMO

SANTOS, R. M. *Localização de Centrais de Resíduos Sólidos para Consórcios Intermunicipais Através da Utilização de Ferramentas Logísticas e Restrições de Fatores Ambientais*. São Carlos, 1997. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho tem como objetivo definir uma metodologia para escolha de locais visando, para um grupo de cidades, a instalação de centrais de tratamento, triagem e destinação final de resíduos sólidos urbanos, utilizadas através de consórcio intermunicipal, diminuindo custos e minimizando o impacto ambiental. Cidades (com suas taxas diárias de geração de resíduos sólidos) posicionadas dentro de uma região com malha rodoviária definida, podem, através do uso de algoritmos matemáticos e abordagem multicritério, ser divididas em grupos que otimizam o número de instalações, cada grupo tendo um ponto para destinação final de resíduos sólidos urbanos mantido através de um consórcio intermunicipal. Estes pontos são definidos em locais que respeitam as restrições do ponto de vista ambiental (abordagem multicritério), otimizando os custos de transporte do ponto de vista logístico (algoritmos matemáticos).

Palavras chave: algoritmos matemáticos, centrais de resíduos sólidos, consórcio intermunicipal, multicritério, transporte de resíduos.

ABSTRACT

SANTOS, R. M. *Localization of Trash Factories for Groups of Cities Through the Utilization of Logistic Implements, Considering the Ambiental Factors*. São Carlos, 1997. 107 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The work has been developed as objective of supplying for a group of cities, the best number of installations for the final destination of the urban-solid residues available through the intermunicipals partnerships, decreasing rates and minimizing the enviromental impact. Cities with daily rates of generation of residues posicionated within a region with a defined network, can be divided in clusters through the mathematics algorithms and multiple criteria analysis which optimize the number of installations, each group will have a point of final destination of urban-solid residues kept through na intermunicipal partnership. These points will be localized in locals which will respect the restraints of the ambiental point of view optimizing the rates of the transportation from the logistic point of view.

Keywords: mathematics algorithms, solid waste, intermunicipals
partnerships, multiple criteria analysis, transportation.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a intensidade de utilização dos recursos naturais disponíveis e sua preservação perante a disposição final de resíduos sólidos urbanos gera a necessidade de estudos que direcionem para o correto manejo e destino final destes com gastos justificáveis.

A administração pública encontra-se hoje com dificuldade em dar destino final aos resíduos sólidos urbanos. Problemas como contaminação do lençol freático, falta de mapeamento adequado do solo, escassez de recursos etc, são alguns exemplos dos problemas encontrados na localização de aterros sanitários e lixões.

O lixo é uma realidade cotidiana de todos os momentos e lugares. O objetivo é a limpeza, um dos fatores que influem para o nível satisfatório da qualidade de vida urbana que, se não é ainda uma realidade, permanece como ideal da comunidade e da administração pública.

A visão do problema dos resíduos sólidos e limpeza pública abre-se para um vasto campo multidisciplinar, com seus aspectos técnico-administrativos, político-administrativos, sócio-econômicos, culturais, ecológicos e outros. A abordagem deste problema vem sofrendo transformação profunda, superando um enfoque meramente setorial ou simplesmente municipalista, e merecendo uma análise cada vez mais abrangente. Isto propicia sua integração no processo de desenvolvimento econômico e social que estamos vivendo.

Na grande maioria dos municípios brasileiros é constante a preocupação com os serviços de varrição, acondicionamento, coleta e transporte não havendo maiores

preocupações quanto ao tratamento, triagem e destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Assim, face as reclamações da população, é comum aos administradores canalizarem todos os esforços na coleta, varrição e remoção do lixo urbano, de modo que poucos recursos são destinados à disposição final, resultando, como via de regra, os denominados lixões.

Da decomposição do lixo resulta o chorume, que escoar pela superfície ou se infiltra no solo, atingindo os cursos d'água e os lençóis freáticos, causando intensa poluição das águas e do solo.

Além disso, da própria decomposição do lixo a céu aberto, surgem condições favoráveis para a sua combustão que, via de regra, oferece perigos aos operários e população vizinha, além da poluição do ar. A existência abundante de alimento e abrigo faz da disposição a céu aberto do lixo um ambiente favorável a proliferação de insetos, roedores e outros animais que se constituem em vetores de transmissão de doenças.

Os locais de disposição a céu aberto, estabelecidos sem o devido planejamento, acabam ao longo dos anos, se incorporando às áreas urbanizadas do município, acarretando sérios problemas urbanísticos e de natureza social, com o aparecimento de pessoas que, da catação de materiais recicláveis como papel, vidros, latas, plásticos etc., buscam desta forma um meio de subsistência, sujeitando-se a uma forma de sub-emprego degradante que compromete sua saúde e sua condição social.

O aterro sanitário, por ser a forma de disposição final adequada mais barata, possibilitando, adicionalmente, a recuperação de áreas deterioradas, deverá ser sempre utilizado, quer isoladamente, quer como forma complementar de outros modos de tratamento e disposição, tais como a compostagem e a incineração do lixo.

A incineração do lixo, entre os processos convencionais, se mostra o mais caro, entretanto deve ser sempre considerado para atuar como complemento das demais formas, especificamente para eliminar os resíduos hospitalares, lixo de portos e aeroportos, tóxicos, animais mortos etc.

Especial atenção deve ser dada também à compostagem do lixo, tendo em vista o papel que o composto pode desempenhar na agricultura.

No texto denominado PROPOSIÇÕES BÁSICAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA (1978) é enfatizado que “Ao se afirmar que o aterro sanitário é a forma de destinação final mais barata, partiu-se de uma perspectiva puramente local, numa perspectiva mais abrangente, os benefícios diretos e indiretos gerados por uma política de amplo emprego do composto, podem tornar este processo econômico a Nação como um todo. Uma vez que, para os municípios, a implantação de usinas de compostagem envolve altos custos e que os benefícios gerados extravasam a economia municipal, em âmbito nacional todavia, torna-se necessária e importante a atuação dos órgãos federais na implementação dessas usinas. As usinas existentes no país são fruto da transferência pura e simples de tecnologia estrangeira, com elevado grau de sofisticação de componentes eletromecânicos, o que contribui para a elevação dos custos de instalação e manutenção dessas usinas. Portanto, a par da preocupação em ampliar o mercado de usinas de compostagem, deve ser estimulada a adaptação da tecnologia disponível às peculiaridades de cultura e grau de desenvolvimento brasileiro.”

CASTRO (1996) argumenta que o sistema de disposição final dos resíduos sólidos domiciliares em aterros sanitários é um dos métodos mais difundidos para a grande maioria dos municípios brasileiros. Constitue, ainda hoje, como forma mais viável de disposição de lixo doméstico, devido principalmente a dois fatores. O primeiro, por ser a solução de menor custo quando comparada com outros processos, exigindo poucos equipamentos e mão de obra não especializada. O segundo, porque grande parte dos municípios brasileiros são de pequeno porte e geram uma

quantidade de lixo que, em princípio, não justifica grandes instalações, ademais também possuem áreas disponíveis, próximas à cidade, para a construção de aterros sanitários.

No texto denominado PROPOSIÇÕES BÁSICAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA (1978) também é enfatizado: “No entanto, a consecução de formas sanitárias e economicamente adequadas para a disposição final do lixo pode exigir, face às peculiaridades regionais, soluções conjuntas, abrangendo mais de um município, tornando-se os serviços matéria de interesse inter-local ou intermunicipal. No que se refere à associação de municípios para a prestação de serviços de interesse comum, devem ser considerados, como igualmente válidos, a implementação de convênios que promovam a constituição de consórcio intermunicipal, instalado sob forma autárquica, ou a constituição de empresa intermunicipal.”

GALVÃO JÚNIOR (1995) relata que somente duas usinas de reciclagem e compostagem de pequeno e médio porte no país funcionam em sistema de consórcio com outros municípios. Esta forma de administração otimiza a operação e diminui os encargos dos sistemas, já que o custo é rateado entre os municípios participantes do consórcio.

CASTRO (1996) conclui que a hipótese de que as usinas de reciclagem e compostagem podem ser auto-suficientes economicamente, no contexto atual, é praticamente inviável.

É necessário que os municípios redirecionem o gerenciamento de seus resíduos sólidos urbanos. Os aterros sanitários (pelo baixo custo de implantação e operação) devem ser estimulados, e seu projeto e construção, realizados com critérios científicos, empregando-se os conceitos multidisciplinares.

Figura 1 - Hierarquia de Problemas

2 OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo fornecer uma alternativa para destinação final de resíduos sólidos urbanos através da abordagem multicriterial na tentativa de minimizar problemas ambientais, e algoritmos matemáticos para determinação do número e locais de centrais de resíduos sólidos próximas da malha rodoviária de forma que permita aos órgãos municipais racionalizar o processo de tomada de decisão sobre as atividades de transporte e localização através de grupos de consórcio.

3 ABORDAGEM MULTICRITERIAL

Segundo COSTA (1988) optar entre várias escolhas possíveis é uma atividade comum onde permanentemente somos confrontados com variadíssimas situações decisórias (individuais ou coletivas) no campo profissional ou em nossa vida familiar.

“A tomada de decisão é de fato parte integrante da vida quotidiana. Mas é também uma atividade intrinsecamente complexa e potencialmente das mais controversas, em que temos naturalmente de escolher não apenas entre possíveis alternativas de ação, mas também entre pontos de vista e formas de avaliar essas ações, enfim, de considerar toda uma multiplicidade de fatores direta ou indiretamente relacionados com a decisão a tomar. Por exemplo, o processo de decidir que automóvel comprar envolve não só a pré-definição, face aos objetivos da compra, de um conjunto de modelos e marcas presentes no mercado, para subsequente avaliação e escolha final, mas também a seleção de critérios para tal apropriados: preço, custos esperados de manutenção, consumo, potência, desvalorização previsível, aparência, conforto e tantos outros”. (COSTA, 1988, p.118)

A tomada de decisão de forma simples, pode ser definida como um esforço para resolver o dilema dos objetivos conflituosos, cuja presença impede a existência de “a solução ótima” e nos conduz para a procura da “solução de melhor compromisso”. Daí a grande importância das abordagens multicriteriais como instrumentos de apoio à tomada de decisões.

COSTA (1988) de uma forma geral, diz que um problema de decisão é um problema em que, face a um conjunto de critérios, há a considerar um conjunto de soluções possíveis, alternativas, de entre as quais pretende se escolher a melhor, ou

delimitar o subconjunto das boas, ou ordená-las por ordem decrescente de preferência global. Ou, tão somente, descreve-las e caracterizar as suas múltiplas consequências, por forma a facilitar a avaliação e comparação dos seus méritos e desvantagens relativos.

ROY (1985)* *apud* COSTA (1988) diz que na prática, a decisão global elabora-se de uma forma mais ou menos caótica, com base na confrontação permanente de preferências de diferentes agentes, ao longo de interações concomitantes e/ou sucessivas que tem lugar entre os intervenientes no seio dos campos de interesse e poder em que se movimentam e agem. O desenrolar destas confrontações e destas interações constitui o processo de decisão.

De acordo com BARBOSA (1995), um objetivo representa um ideal da sociedade sobre o qual existe grande consenso num certo momento histórico. São exemplos: a segurança nacional, o bem estar social, a eficiência econômica e a distribuição de renda entre outros. Os critérios constituem a tradução dos objetivos em características, qualidades ou medidas de desempenho diante das alternativas de planeamento. São exemplos: a maximização dos benefícios líquidos, a minimização do impacto ambiental, a minimização de riscos, entre outros. Existe uma distinção entre dois agentes do processo decisório: analistas e decisores. Os analistas encarregam-se da modelagem do processo decisório. Os decisores são pessoas, grupos e instituições que, direta ou indiretamente, estabelecem os limites do problema, especificam os objetivos a serem alcançados e emitem julgamentos que, se não definem uma alternativa específica, acarretam ao menos a eliminação de uma ou mais alternativas.

BRAGA JUNIOR (1991) conclui que os problemas de escolha de alternativas considerando múltiplos critérios, são problemas de otimização onde, a cada solução, são atribuídos diversos valores que as avaliam em relação ao atendimento a cada um dos critérios. Nesses casos não é possível ordená-las diretamente, da melhor para a

* Roy, B. (1985) *Méthodologie Multicritère d' Aide à la Décision*, Economica, Paris.

pior solução, a não ser que seja estabelecida uma ordenação da importância dos critérios ou atributos.

Existem diversas soluções ótimas, satisfazendo em graus diferentes os diversos critérios. É um problema de otimização vetorial, pois a cada alternativa estará associado um vetor de valores atribuídos. Esse problema pode ser formulado genericamente como a seguir:

$$\begin{aligned} \max \underline{Z}(\underline{x}) &= [Z_1(\underline{x}), Z_2(\underline{x}), \dots, Z_p(\underline{x})] \\ \text{sujeito a} \\ g_i &\geq 0 & i = 1, 2, \dots, m \\ x_j &\geq 0 & j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

onde: $\underline{Z}(\underline{x})$ é a função objetivo de dimensão p , isto é, com p objetivos;

$\underline{x}$ é o vetor das variáveis de decisão de dimensão n , que representa uma alternativa de solução do problema;

$g_i(\underline{x})$ é uma das m restrições do problema.

Para resolver o problema, ou seja, encontrar apenas uma solução ótima, é necessário estabelecer regras de combinação entre todos os objetivos, relacionadas as preferências dos decisores.

Logo de início, porém, uma boa parte das soluções viáveis pode ser eliminada se for possível assumir que o ideal é obter os valores máximos possíveis para todos os objetivos. Esse conjunto de soluções de interesse é chamado de conjunto das soluções não inferiores ou não dominadas. Uma solução não dominada é uma solução viável $\underline{x}$ para qual não existe outra solução viável $\underline{x}'$ tal que:

$$Z_r(\underline{x}') > Z_r(\underline{x}) \quad \text{para algum } r = 1, 2, p$$

e

$$Z_k(\underline{x}') \geq Z_k(\underline{x}) \quad \text{para todo } k \neq r$$

O conjunto de todas as soluções não dominadas contém todas as alternativas viáveis tais que não se consegue passar de uma para outra sem que se tenha perda em algum objetivo quando se obtém em troca uma melhoria em algum outro simultaneamente.

ANDRADE FILHO (1986) afirma que geralmente os critérios são conflitantes entre si e uma solução que maximize um deles certamente não maximizará todos. No entanto, se temos p critérios, poderemos obter pelo menos p -soluções que maximize ao menos uma das funções objetivos (otimização dos critérios individuais) e não podemos afirmar exceto por um critério de escolha subjetivo que qualquer uma dessas p -soluções é a melhor solução para o problema. Podemos concluir no entanto que essas soluções se equivalem, ou seja, podemos dizer que elas pertencem a um conjunto de soluções conhecido como “conjunto de soluções não-dominadas”.

Segundo BARBOSA (1995) quem primeiro enunciou tal conceito foi o economista Pareto, em 1896, segundo o qual: “Indivíduos têm a máxima satisfação numa certa situação quando é impossível sair desta posição sem que alguns tenham a satisfação diminuída e outros a tenham aumentada”

BARBOSA (1995) ainda enfatiza que o problema decisório se refere a escolher qual das soluções pertencentes a esse conjunto será adotada como ótima através do estabelecimento das relações de troca desejadas ou aceitáveis. A solução assim escolhida será denominada de melhor solução compromisso.

A figura 2 ilustra uma situação onde trata-se de um problema multicritério com duas funções a serem maximizadas: $\text{Max } \{F1(x), F2(x)\}$. A curva definida pelos segmentos de reta desde o ponto A até D define o conjunto de soluções não

dominadas para este problema. Ela corresponde ao limite máximo de utilização dos recursos disponíveis (capital, físico, institucionais, legais etc.) traduzidos na forma das respectivas funções objetivos. A busca de soluções não-dominadas deve ser uma tarefa permanente de quem faz planejamento, pois significa estar trabalhando melhor (de forma mais eficiente) com os recursos disponíveis.

Com base no Princípio de Otimalidade de Pareto, pode-se perceber na figura 2 que, do ponto A para B, a função $F1(x)$ aumenta e, em contrapartida $F2(x)$ diminui. Assim, o ponto A caracteriza uma solução não-dominada, ou não-inferior, ou ainda eficiente. Já o ponto E representa uma solução dominada, pois é possível aumentar $F2(x)$ sem diminuir $F1(x)$.

Figura 2 - Conceito de Não-Dominância

Ainda com base na figura 2 define-se solução de melhor compromisso como sendo aquela que, dentre as soluções não-dominadas, melhor atende às expectativas do decisor.

Segundo BARBOSA (1995) a abordagem multicritério, com grande suporte em modelagem matemática, justifica-se por:

- a) permitir organizar melhor as informações e o papel de cada participante nas etapas decisórias;
- b) permitir evidenciar os conflitos entre critérios e quantificar o grau de compromisso existente entre eles;
- c) possibilitar o tratamento de cada critério na unidade de mensuração mais adequada, sem a distorção introduzida pela simples conversão em unidades monetárias como feito na Análise Benefício-Custo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO

ANDRADE FILHO (1986), entende que solucionar um problema multicritério pode ser interpretado como a determinação de todo conjunto de soluções não dominadas ou encontrar entre todas elas qual a que melhor satisfaz certos “critérios”, (caso em que) a solução escolhida é conhecida como “a melhor solução de compromisso”. É claro que essa segunda alternativa está sujeita a incorporação de critérios subjetivos que representam a preferência das pessoas ou grupos encarregados de tomar decisões. Essas preferências podem ser organizadas de forma ordinal ou cardinal.

ANDRADE FILHO (1986) classifica as abordagens multicriteriais de acordo com o sentido do fluxo de informação entre o decisor e o analista.

No fluxo **Analista-Decisor**, o analista faz seus estudos sobre a solução do problema sem nenhum conhecimento a priori das preferências do decisor fornecendo-lhe em seguida todos os resultados obtidos. As técnicas usadas neste caso pelo analista são conhecidas como “Técnicas de Geração de Soluções Não Dominadas”. Essas técnicas são usadas pelo analista para determinar exatamente ou aproximadamente o conjunto das soluções não dominadas no espaço-decisão (Nd).

Esses resultados são apresentados ao decisor em forma de gráficos ou tabelas, o qual seleciona entre elas a “melhor solução de compromisso”.

No fluxo **Decisor-Analista**, o decisor informa previamente o analista de suas preferências através de pesos, faixa de variação dos objetivos ou função utilidade. O analista com o conhecimento a priori de tais preferências, determina a “melhor solução de compromisso” para o decisor. As técnicas empregadas segundo o fluxo de informação decisor analista são conhecidas como técnicas que incorporam preferências. Essas técnicas podem ser agrupadas ainda em duas classes: as não iterativas e as iterativas.

Nas **Técnicas que Incorporam Preferências (não iterativas)** o decisor apresenta ao analista suas preferências de forma definitiva o qual as usa para devolver ao decisor a “melhor solução de compromisso”.

As **Técnicas que Incorporam Preferências (iterativas)** funcionam da seguinte forma: inicialmente o analista fornece informações parciais sobre o conjunto de soluções não dominadas ao decisor, o qual devolve ao analista informações sobre suas preferências. O analista em seguida melhora a solução fornecendo novas alternativas ao decisor que por sua vez apresenta novas preferências. O processo deve continuar até que o decisor esteja satisfeito e as restrições totalmente atendidas.

As técnicas de análise multicritério auxiliam no entendimento e organização do problema decisório, mostrando claramente as relações de troca ou compromisso envolvidas.

COHON (1975)* *apud* BRAGA JUNIOR (1991) e BARBOSA (1995), classifica as técnicas de análise multicritério em três grandes grupos descritos a seguir:

Técnicas de geração de soluções não inferiores: buscam a identificação do conjunto das soluções não dominadas permitindo a análise de forma explícita no espaço dos objetivos e no espaço das decisões. Entre os métodos incluídos nesse grupo estão o Método da Ponderação e o Método das Restrições.

Técnicas baseadas na determinação antecipada das preferências: exigem a atribuição de valores de ponderação entre os objetivos ou pesos para os mesmos de acordo com a preferência dos decisores. Entre os métodos incluídos nesse grupo estão o Método da Programação por Metas, a função Utilidade Multidimensional, a abordagem ELECTRE, o Método da Matriz de Prioridades e o Método do Valor Substituto de Troca. Nesses métodos não se garante a não inferioridade da solução ótima, sendo recomendada uma análise de sensibilidade antes da tomada de decisão definitiva.

Técnicas baseadas na articulação progressiva das preferências: partem do estabelecimento inicial de preferências dos decisores e obtêm uma solução não inferior. A mesma é submetida à aprovação ou a alteração dos valores de preferências. Se houver alterações é gerada uma nova solução não inferior que é apresentada. O processo prossegue até que se chegue a um consenso. Entre os métodos incluídos nesse grupo está o Método do Passo.

HARRIS (1992) explica que abordagens multicriteriais contínuas não se caracterizam pela pré-definição de um conjunto de alternativas, e sim pela formulação de um modelo que inclui as variáveis de decisão, restrições e múltiplas funções objetivo, de modo a gerar alternativas.

* COHON, J. L., MARKS, D. H. (1975). A review and evaluation of multiobjective programming techniques. *Water Resources Research*, V. 11, n. 2 p. 208-220.

Um problema é considerado contínuo quando as variáveis de decisão, que são determinantes para as alternativas, podem assumir quaisquer valores que satisfaçam às restrições adotadas para o sistema em questão. Por exemplo: a determinação do volume de um reservatório que satisfaça múltiplos usos é um problema que pode ser resolvido por abordagens multicriteriais contínuas, já que o resultado procurado pertence a um conjunto de números contínuos.

No caso de alternativas discretas pré-estabelecidas e com a perspectiva de se levar em consideração variáveis intangíveis (não quantificáveis e dificilmente expressa por funções), tais como, por exemplo, aspectos legais ou sociais, torna-se de grande vantagem a utilização de abordagens multicriteriais discretas. A utilização do ELECTRE permite esta abordagem. Além de ser matematicamente simples, característica essa positiva para utilização por equipe multidisciplinar ou mesmo por um único tomador de decisão, fornece resultados coerentes para os propósitos deste trabalho.

3.2 ELECTRE

A proposta deste capítulo é mostrar uma solução multicritério para os problemas de destinação final de resíduos sólidos urbanos envolvendo critérios qualitativos utilizando as abordagens ELECTRE I e ELECTRE II para classificar as alternativas prioritárias.

ELECTRE I e ELECTRE II são técnicas de classificação apropriadas para problemas de planejamento as quais são caracterizadas por um grupo de alternativas que serão avaliadas mediante critérios qualitativos e quantitativos.

GOBETTI (1994) cita que o ELECTRE I é aplicado com o objetivo de separar as alternativas dominadas das não dominadas e o ELECTRE II deve então

ser aplicado para classificar as alternativas. Estes métodos são usados para determinar uma ordenação completa acerca das alternativas.

Segundo BARBOSA (1997), utiliza-se na abordagem multicritério ELECTRE dois conceitos para mapear a qualidade de uma decisão: índice de concordância (IC) e índice de discordância (ID). Assume-se que cada decisor possui uma estrutura de preferência que faz com que certos objetivos e critérios tenham maior preponderância em relação a outros na avaliação das alternativas. Assim, após suficiente obtenção de informações sobre o problema em foco, o decisor define um peso $w(k)$ a cada critério k , traduzindo dessa forma sua estrutura de preferência. A concordância entre duas alternativas, i e j , é a medida relativa da proporção ponderada de objetivos para os quais a alternativa i é preferida em vez da alternativa j . Definido matematicamente em termos formais pelo índice de concordância, IC, tal índice varia entre zero (nenhuma concordância) e um (máxima concordância). Quanto maior o índice de concordância IC (i, j) significa que maior número de critérios e objetivos estão sendo atendidos ao ser escolhida a alternativa i sobre a j . De forma complementar ao conceito de concordância, na abordagem ELECTRE trabalha-se com o conceito de discordância. Não adianta tomar uma decisão com, por exemplo 95% dos critérios (ponderados pelos pesos do decisor) atendidos se não for contemplado um patamar mínimo de atendimento para os 5 % restantes. Em questões conflitantes, a exclusão total de um critério pode comprometer a viabilização política de um plano: o grupo que tem interesse máximo na consideração daquele critério pode organizar-se e bloquear alguma etapa da sequência decisória. Assim, o índice de discordância ID (i, j) entre duas alternativas, i e j , é uma medida do grau de insatisfação incorrido na decisão de escolher a alternativa i sobre a j .

Dada a matriz de avaliação de alternativas e definidos os pesos dos critérios segundo certa preferência do decisor, fixa-se um nível de concordância mínimo aceitável e um índice de discordância máximo tolerável. O ELECTRE fornece,

então, a hierarquia de alternativas de planejamento correspondente a essas especificações.

3.2.1 ELECTRE I

FRICKE (1989) explica que a idéia do ELECTRE I é escolher aquelas alternativas que são preferidas em relação as outras pela maioria dos critérios e ainda não causar um nível inaceitável de descontentamento por qualquer um dos critérios.

São desenvolvidos três conceitos: índice de concordância, índice de discordância e valores limites.

O índice de concordância entre duas alternativas i e j é definido como a relação entre a soma dos pesos atribuídos a cada critério com relação às alternativas, onde a alternativa i é preferida sobre a alternativa j ($i \rightarrow j$) e onde a alternativa i é igual à alternativa j : e a soma total dos pesos atribuídos aos critérios, ou seja:

$$C(i, j) = \frac{\sum_{k \in A(i, j)} w(k)}{\sum_k w(k)} ; \text{ para } i \geq j$$

onde $w(k)$ é o peso atribuído ao critério k , $k=1,2, \dots, k$ e $A(i, j) = [k / i \geq j]$, isto é, o grupo de todos os critérios para os quais i é preferido sobre j . Os pesos, os quais são definidos pelo decisor (equipe técnica multidisciplinar), reflete a estrutura de preferência. O índice de concordância depende exclusivamente dos pesos relativos dos critérios. Por definição, $0 \leq C(i, j) = 1$.

Para determinar a matriz de discordância primeiro define-se um intervalo de escala comum para todos os critérios. A escala é usada para comparar o desconforto causado entre o pior e o melhor valor atribuído ao critério para cada par de

alternativas. Por exemplo: uma escala primária de 1 a 5 escolhida para todos os critérios, onde:

1 = Despresível

2 = Pouco Importante

3 = Importante

4 = Muito Importante

5 = Extremamente Importante

Cada critério contudo, pode ter uma escala diferente. O índice de discordância é definido como:

$$D(i, j) = \frac{\max(Z(j, k) - Z(i, k))}{R^*}$$

onde $Z(j, k)$ é a avaliação da alternativa j com respeito ao critério k , e R^* é a maior diferença entre os valores da escala.

Para sintetizar, tanto os índices de concordância e discordância quanto os valores limites (p, q) entre 0 e 1, são definidos pelo decisor.

Para escolher o valor de p , o decisor especifica qual o grau de concordância que ele deseja obter: $p = 1$ corresponde a “concordância total”, a qual significa que a alternativa i deveria ser preferida sobre a alternativa j em relação à todos os critérios.

Na escolha de q , ele especifica qual o “grau de discordância” que ele está disposto a tolerar: $q = 0$ significa nenhuma discordância. É possível que algumas escolhas de p e q possam fornecer um problema impraticável. Se este é o caso, os valores de p e/ou q devem ser estudados novamente. É possível também ocorrer círculos no ELECTRE I, isto é, $1 P 2$ (nó 1 preferido sobre o nó 2), $2 P 3$ e $3 P 1$, o que corresponde a uma intransitividade. Em tais casos, os três nós em questão são

reunidos em um novo nó (qualificado como YJ), o que equivale admitir a mesma classificação para as três alternativas.

O resultado do ELECTRE I é um gráfico de preferência, o qual apresenta uma ordenação parcial das alternativas. O ELECTRE II é usado então para obter uma ordenação completa.

3.2.2 ELECTRE II

Segundo FRICKE (1989), dois gráficos de preferência devem ser gerados pelo ELECTRE I para serem utilizados como dados de entrada para o desenvolvimento do ELECTRE II. Estes gráficos representam as estruturas de forte e fraca preferência do decisor. O gráfico de forte preferência resulta do uso de rigorosos valores limites, isto é, o decisor é levado a selecionar um alto nível de concordância e um baixo nível de discordância. Para o gráfico de fraca preferência o decisor é levado a relaxar seus valores limites (p mais baixo e q mais alto). Estes valores limites relaxados representam limites mais baixos na conformação do sistema, até o ponto onde o decisor está disposto a aceitar.

O gráfico de forte preferência é sempre um subgráfico do gráfico de fraca preferência, mas a distinção entre forte e fraca preferência deve ser feita para assegurar uma completa classificação das alternativas.

O gráfico que representa a estrutura de forte preferência é definido como GF. O gráfico que representa as fracas preferências é definido como Gf. O gráfico GF é definido por (YF, VF) e o gráfico Gf por (Yf, Vf) , onde Y é o grupo de nós que representa as alternativas e V é o grupo de setas que mostram as preferências acerca das alternativas. Uma seta é direcionada do nó i para o nó j se a alternativa i é preferida sobre a alternativa j . Para a execução do ELECTRE II, é necessário a

existência de duas classificações separadas, as quais são referidas como classificação avante e classificação reversa.

Classificação avante: O primeiro passo na classificação avante é identificar todos os nós no gráfico GF, os quais não tem nenhum precedente, isto é, aqueles nós que não possuem setas direcionadas a eles. Este grupo é definido como grupo C. A seguir os nós do grupo C, que não tem precedentes no gráfico Gf são identificados. Este grupo é definido como grupo A, e os elementos deste grupo são classificados em primeiro lugar. O próximo passo consiste na redução de GF e Gf pela eliminação de todos os nós contidos no grupo A e de todas as setas que originavam destes nós. O gráfico GF reduzido é novamente examinado para identificar todos os nós que não tem precedentes. Estes nós consistirão em um novo grupo C, e o procedimento anterior é repetido. O novo grupo A de nós são classificados em segundo lugar. Este procedimento iterativo é repetido até que todos os nós de GF e Gf tenham sido eliminados e todas as alternativas estejam classificadas.

Classificação reversa: O primeiro passo nesta classificação é inverter a direção de todas as setas em GF e Gf. Se a alternativa i foi preferida sobre a alternativa j na classificação avante, a alternativa j é agora preferida sobre a alternativa i na classificação reversa. Pela inversão das setas, uma relação de alta concordância torna-se uma relação de baixa concordância e uma relação de baixa discordância torna-se uma relação de alta discordância. Os passos seguintes são idênticos aos passos anteriores na classificação avante, com uma diferença: a alternativa que está classificada por último será classificada em primeiro, e as alternativas restantes são classificadas em ordem inversa. Isto reestabelece a direção correta do processo de classificação. Após conclusão das classificações avante e reversa, uma média das duas é tirada para cada nó. Deste modo, se a alternativa i foi classificada em primeiro na classificação avante e em segundo na classificação reversa, sua classificação média é 1,5. O último passo do ELECTRE II é ordenar as alternativas com respeito às suas classificações médias. Isto estabelece uma

classificação completa acerca das alternativas. A seguir, descrevemos um algoritmo conciso do ELECTRE II:

Classificação Avante:

1. Faça $t=0$.
2. Selecione todos os nós (ou alternativas y) no gráfico $GF(t)$ que não tenham nenhum precedente (que não sejam dominados). Denote este grupo de C .
3. Selecione todos os nós do grupo C que não tenham precedentes (que não sejam dominados) e pertençam ao gráfico $Gf(t)$. Denote este grupo de $A(t)$.
4. Determine a classificação $v'(y) = t+1$ para todos os nós y no grupo de $A(t)$.
5. Reduza o gráfico GF e Gf . Se todos os nós são eliminados, pare
6. Faça $t=t+1$ e retorne ao passo 2.

Classificação Reversa:

1. Inverta a direção de todas as setas VF de GF e Vf de Gf .
2. Obtenha a classificação $\varphi(y)$ análoga à $v'(y)$ acima.
3. Restabeleça a direção correta da classificação fazendo:

$$v''(y) = 1 + \max_{y \in Y} [\varphi(y)] - \varphi(y)$$

3.3. APLICAÇÃO EM CENTRAIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo SZIDAROVSKY (1986), qualquer organização responsável pela destinação final de resíduos sólidos urbanos deverá considerar os seguintes objetivos:

1. Planejar e implementar um conveniente sistema de resíduos sólidos;
2. Evitar a transmissão de doenças ou sua relação com problemas de saúde pública;
3. Minimizar a poluição do solo, do ar e da água;
4. Conservar os recursos naturais;
5. Gerar aceitabilidade e interesse na comunidade;
6. Reciclar se possível;
7. Operar e sustentar os objetivos com um custo razoável.

Embora o atendimento simultâneo de todos esses objetivos não possa ser possível, todos deverão ser considerados no planejamento do sistema.

As especificações do ponto de vista da engenharia, limitações e regulamentações são necessárias para a realização dos objetivos:

1. Respeitar as leis locais;
2. Suprir a demanda;
3. Prever o aumento da demanda (o sistema deverá ser flexível para expansão em diferentes áreas (tamanho, quantidade de resíduos etc);
4. Manter a operação em tempo chuvoso, seguros etc;
5. Manter uma distância aceitável dos centros urbanos;
6. Conservar os recursos naturais;
7. Levar em conta a opinião pública;
8. Manter o rendimento.

3.3.1 CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS

SZIDAROVSKY (1986) cita como alternativas de destinação final de resíduos sólidos urbanos diferentes formas de tratamento (aterro sanitário, incineração etc). Neste estudo são consideradas como alternativas, áreas que poderão receber uma central de resíduos sólidos respeitando fatores ambientais, otimizando

os custos de transporte. A preferência entre uma ou outra região é dada através da matriz critérios x alternativas.

Consideramos como critérios:

1. Aceitação dos empregados;
2. Uso do solo;
3. Demanda;
4. Confiança;
5. Poluição do ar;
6. Poluição da água;
7. Poluição do solo;
8. Aceitação pública;
9. Considerações estéticas;
10. Custos de implantação e operação;
11. Flexibilidade de mudança;
12. Recuperação de produtos;
13. Recuperação de energia;
14. Potencial de venda de materiais;
15. Possibilidade de expansão.

4 ALGORITMOS

No caso de um número grande de municípios interessados num ponto comum para tratamento, triagem e destinação final de resíduos sólidos urbanos, diversos tipos de análise podem ser obtidas tomando como referência diferentes números de instalações subdividindo o grupo de municípios inicial em grupos menores.

Segundo AHUJA (1993) o propósito na análise de grupo é dividir um conjunto de pontos em grupos menores; os pontos dentro de um grupo particular de dados devem ser mais rigorosamente relacionados (ligados) um ao outro do que os pontos que não pertencem a esse grupo.

NOVAES (1989) explica que uma árvore de um grafo não orientado é um sub-grafo conexo que não apresenta circuitos (figura 4). Assim uma árvore com k nós possui exatamente $k-1$ arcos e existe sempre uma trilha simples entre dois nós quaisquer, localizados sobre a árvore. De todas as árvores possíveis, uma delas apresenta extensão mínima total, extensão essa igual à soma das extensões de todos os arcos que a formam, a qual chamamos de mínima árvore expandida.

Neste capítulo, descreveremos o uso de problemas de mínima árvore expandida para resolver uma classe de problemas que surge no contexto da análise de grupo.

AHUJA (1993) cita que caso seja necessário encontrar uma divisão em cachos de um grupo de “ n ” pontos no espaço euclidiano bidimensional, um método simples para resolver este problema é usar o algoritmo de Kruskal para resolver o problema de mínima árvore expandida. Como pode ser mostrado, a cada iteração intermediária, o algoritmo de Kruskal mantém uma coleção de “árvores” com nós

desconexos e acrescenta arcos em ordem crescente de seus comprimentos. Podem ser vistos os nós expandidos em passos intermediários, segundo as árvores, como grupos (cachos) diferentes. Esses grupos são frequentemente soluções para o problema de agrupamento e, além disso, são obtidos muito eficientemente. O algoritmo de Kruskal pode ser entendido como proporcionando “n” divisões começando com uma árvore expandida mínima e eliminando arcos da árvore, um por um em ordem decrescente de seus comprimentos. Considere o grupo de pontos mostrado na figura 4. Eliminando primeiramente o maior comprimento de arco da mínima árvore expandida (Rio Claro - Corumbataí) 25.2 km tem-se uma divisão com dois grupos mostrados na figura 5. Eliminando agora o arco de ligação entre Brotas e o ponto F, 22.9 km, tem-se uma divisão com três grupos mostrados na figura 6.

Analistas podem usar a informação obtida de estudos precedentes de várias maneiras. O método aqui descrito produz “n” divisões. Por outro lado, pode-se selecionar-se a “melhor” divisão por simples visualização ou definindo um apropriado valor da função objetivo. Uma boa escolha da função objetivo depende das características fundamentais (da particular) de determinada aplicação de agrupamento. Nota-se que esta análise não é limitada a pontos em espaço bidimensional, ela é facilmente estendida a um espaço multidimensional se forem definidas distâncias entre pontos de forma apropriada.

4.1 ALGORITMO DE KRUSKAL

AHUJA (1993) explica que as condições de otimização da trilha sugerem o seguinte algoritmo simplificado para resolver o problema da mínima árvore expandida: começa-se com qualquer árvore expandida T arbitrária e testa-se as condições de otimização da trilha. Se T satisfaz esta condição, ela é uma árvore ótima; senão, $c_{ij} > c_{kl}$ para algum arco fora da árvore (k, l) e algum arco (i, j) da árvore, contido na única trilha em T ligando nós k e l . Neste caso, adicionando um arco (k, l) em T , no lugar do arco (i, j) , têm-se uma árvore expandida com um custo

menor. Repetindo este passo obtêm-se teremos uma mínima árvore expandida dentro de um número finito de iterações.

4.1.1 VERSÃO SIMPLES DO ALGORITMO DE KRUSKAL

Para se obter um algoritmo alternativo e mais eficiente, conhecido como algoritmo de Kruskal, visando as condições de otimização da trilha, considera-se um algoritmo que constrói uma árvore expandida ótima, que se inicia adicionando um arco por vez. Primeiramente classificam-se todos os arcos em ordem crescente de seus custos e define-se um grupo, LIST, que é o grupo de arcos escolhidos como parte de uma mínima árvore expandida. Inicialmente o grupo está vazio. Examinados os arcos, um por um, na ordem classificada, verifica-se se adicionando o arco, que esta sendo analisado no LIST, é criado um ciclo com os arcos já contidos nele. Se não cria um ciclo, adiciona-se no LIST; se criar nós, ele é descartado. O processo termina quando $|LIST| = n-1$. Ao final, os arcos no LIST constituem uma mínima árvore expandida. A eficiência do algoritmo de Kruskal resulta do fato de é descartado cada arco, fora da árvore (k,l) , em alguma etapa, porque ele cria um ciclo com os arcos já existentes no LIST. Mas observe que o custo do arco (k,l) é maior ou igual ao custo de cada arco naquele ciclo porque foram examinados os arcos na ordem crescente de seus custos. Portanto, uma vez que a árvore expandida satisfaz as condições de otimização da trilha, ela é uma árvore ótima.

Para ilustrar o algoritmo de Kruskal, considere a rede mostrada na figura 3. Nas primeiras iterações, o algoritmo adiciona os arcos de comprimentos: 3.0, 4.1, 4.5, 4.8, 7.6, 8.0, 8.8, 9.2, 10.1, 11.1, 11.4 e 13.7 ao grupo LIST. Na próxima iteração o algoritmo analisa o arco de comprimento 13.7 (existem dois arcos com este comprimento) e o descarta porque sua adição ao LIST cria um ciclo. Então, o algoritmo adiciona os arcos de comprimento 15.0, 17.5, 18.9, 21.4, 21.9 e 25.2 ao grupo LIST e termina. Os demais arcos são descartados porque também criam um ciclo. A figura 4 mostra a mínima árvore expandida.

Figura 3 - Pontos Geradores e Rodovias

Figura 4 - Mínima Árvore Expandida

Figura 5 - Divisão da Região em Dois Grupos

Figura 6 - Divisão da Região em Três Grupos

4.2 LOCALIZAÇÃO DO PONTO ÓTIMO

Segundo LARSON (1981), a boa localização de um ponto depende da medida da eficácia que está sendo utilizada. Num exemplo extremo, o centro de uma cidade pode ser considerado um local ideal para uma agência de correios, mas um péssimo ponto para a instalação de um incinerador de lixo. No caso da agência dos correios um objetivo razoável pode ser minimizar a distância média de caminhada até a agência pela população, daí a escolha do centro da cidade. Para o incinerador de lixo, um objetivo mais apropriado seria maximizar a distância mínima entre o ponto escolhido e alguma residência ou edifício da cidade.

Neste trabalho, um número pré-estabelecido de instalações deve ser locado para minimizar a distância média (ou tempo médio de viagem ou o custo médio de viagem) para as instalações considerando a demanda de cada ponto gerador.

As várias vias de transporte (rodovias) são representadas como ligações de uma rede e suas interseções, cidades e pontos favoráveis a instalação de uma central de resíduos sólidos como os nós dela. Assim, a viagem é restrita a realizar-se unicamente ao longo das ligações e nós da rede. A demanda será gerada somente em um número finito de pontos (no máximo todos os nós da rede). Podem ser colocados tantos nós quanto desejados ao longo das ligações da rede para representar pontos favoráveis a instalação de uma central de resíduos sólidos.

Cada nó terá um peso (h_j) para indicar a intensidade das demandas originadas do nó j .

Seja uma rede $G(N,A)$ com n nós. Fazendo k ser algum inteiro positivo ($k=1,2,3,\dots$) escolhe-se k pontos distintos em G para ser indicado como o grupo $X_k=\{x_1,x_2,\dots,x_{k-1},x_k\}$. Seja $d(X_k,j)$ a distância mínima entre qualquer um dos pontos $x_i \in X_k$ e o nó j em G .

$$d(X_k, j) = \min_{x_i \in X_k} d(x_i, j) \quad (01)$$

Os K-médios da rede G são definidos da seguinte forma:

definição: Um grupo de K pontos X_k^* em G é um grupo de K-médios de G se, para todo $X_k \in G$:

$$J(X_k^*) \leq J(X_k) \quad (02)$$

onde

$$J(X_k) = \sum_{j=1}^n h_j d(X_k, j) \quad (03)$$

Agora, se os k pontos em X_k são eleitos para serem os pontos onde k instalações proporcionam um serviço oferecido, e se h_j , que é o peso da demanda do nó j, é colocado igual a fração de toda geração em questão que origina-se de j (i.e., $\sum_{j=1}^n h_j = 1$), então encontrando-se os k-médios, X_k^* de G, obtém-se o grupo de k

locações que minimiza a distância média de viagem para (ou das) instalações pelos usuários. Fica claro da definição da função $J(X_k)$, que a mesma se torna uma expressão para a distância média de viagem. Note, também, que a suposição implícita nela, é que demandas originadas em qualquer nó j são atendidas exclusivamente pela instalação que está mais próximo de j.

teorema de HAKIMI: Pelo menos um grupo de k-médios existe somente nos nós de G.

O significado prático deste teorema é que a procura pelo grupo de k locações ótimas para as k instalações pode ser limitada pelo grupo de nós de G (i.e., para um total de n pontos somente) em vez do número infinito de pontos que encontra-se nas ligações de G.

A validade do teorema é óbvia para o caso trivial onde o número requerido de instalações k é maior ou igual ao número de nós n . Então é necessário somente que se posicione uma instalação em cada nó para reduzir a distância média de viagem para zero.

O teorema agora é provado para o caso especial de uma instalação única ($k=1$). Suponha que a locação ótima para a instalação única é um ponto x que se encontra na ligação (p, q) entre os nós p e q . A distância $d(x, j)$ entre x e qualquer nó $j \in N$ pode ser escrita como:

$$d(x, j) = \text{Min}(d(x, p) + d(p, j), d(x, q) + d(q, j)) \quad (04)$$

Isto é, qualquer nó $j \in N$ será alcançado a partir de $x \in (p, q)$ tanto através de p ou através de q . Sendo agora P o grupo de nós que o ponto x alcança mais eficientemente através do nó p , e Q o grupo de nós alcançados mais eficientemente através de q . P e Q são, desta maneira, grupos reciprocamente exclusivos cuja união é igual a N .

Suponha agora sem perder a generalidade que mais usuários são alcançados através de p do que através de q , que é:

$$\sum_{j \in P} h_j \geq \sum_{j \in Q} h_j \quad (05)$$

Se o oposto é verdadeiro, o seguinte argumento é simplesmente invertido usando-se as expressões (03) e (04), e assim escreve-se que:

$$d(p, j) \leq d(p, q) + d(q, j) \text{ para todo } j \in N \quad (06)$$

Usando-se a desigualdade (06) na expressão para $J(x)$ anterior, obtém-se:

$$\begin{aligned}
J(x) &\geq d(x,p) \left(\sum_{j \in P} h_j - \sum_{j \in Q} h_j \right) + \sum_{j \in P} h_j d(p,j) + \sum_{j \in Q} h_j d(p,j) \\
&= d(x,p) \left(\sum_{j \in P} h_j - \sum_{j \in Q} h_j \right) + \sum_{j \in V} h_j d(p,j) \\
&= d(x,p) \left(\sum_{j \in P} h_j - \sum_{j \in Q} h_j \right) + J(p)
\end{aligned}$$

Mas o termo $d(x,p) \left(\sum_{j \in P} h_j - \sum_{j \in Q} h_j \right)$ é pela expressão (05) por suposição, maior ou igual a zero. Portanto, nós concluímos que $J(x) \geq J(p)$, que contradiz a suposição que (para 1 único ponto) é locado em um ponto interior da ligação (p,q). Expondo de outra forma, prova-se que a instalação pode ser movida de x para o nó p.

Para a aplicação do algoritmo descrito anteriormente é necessário conhecer o caminho mais curto entre dois nós (tabela 2), o programa TRILHA (anexo) foi elaborado com esta finalidade.

5 MÉTODO

O método de seleção de áreas adequadas para implantação de uma central de resíduos deve ser o melhor possível para enfrentar a grande oposição à instalação de um empreendimento desta natureza.

Para WOOD (1984)* *apud* GLOEDEN *et al.* (1991), o método é considerado bom quando os locais selecionados por ele possibilitem os menores impactos possíveis sobre fatores ambientais, econômicos e sociais e sobre a saúde e segurança da população. Além disso, ele deve ser justificável, isto é deve demonstrar claramente a escolha realizada com o aval da opinião pública.

Desta forma, o método deve possuir as seguintes características: ser apropriado, formal, incluir considerações quantitativas e qualitativas, envolver a opinião pública e ser bem claro.

O método deve refletir a magnitude do processo de seleção para ser considerado adequado. Um método superficial ou extremamente complicado não conseguirá lidar com os vários critérios de seleção envolvidos.

O método é considerado formal quando relata claramente as fontes de dados, as suposições, os julgamentos de valores realizados e explica como se chegou a conclusão obtida. Deve descrever também como alguns critérios não foram considerados.

* WOOD, E. F. (1984). Groundwater Contamination from Hazardous Wastes. Caps 6, 7. Appendix A, Prentice Hall, Inc. New Jersey.

CrITÉRIOS quantitativos devem ser incluídos para avaliar, principalmente, as características físicas e econômicas dos locais envolvidos e os critérios qualitativos são utilizados para avaliar os fatores que envolvem riscos, incertezas, impactos futuros, decisões políticas e julgamentos subjetivos.

A opinião pública deve ser envolvida para que os locais de seleção sejam aceitos com maior facilidade, aumentar a qualidade do processo de decisão e auxiliar na sua justificativa. O método deve ser claro para que o público interessado possa entender e participar do processo.

A essência do método para a escolha de áreas adequadas à instalação de uma usina reside na exclusão de áreas impróprias e seleção e hierarquização daquelas que mostram características favoráveis ao empreendimento.

O processo de locação do empreendimento pode ser dividido em quatro fases:

- caracterização regional e definição da malha rodoviária;
- inventário e diagnóstico regional com a definição das áreas potenciais a obra;
- novas investigações com maior nível de detalhes, onde são selecionadas as áreas mais favoráveis;
- decisão final para a escolha da área adequada a implantação da obra.

Na caracterização regional e definição da malha rodoviária define-se uma faixa ao redor das vias que não prejudique o acesso dos veículos. Esta fase se caracteriza por ser de rápida execução e de baixo custo, a área de interesse é reduzida a áreas menores segundo critérios claros e rápida avaliação (por exemplo: áreas protegidas, presença de mata ciliar). A avaliação tem caráter eliminatório, isto é, áreas que se enquadrem nessas características são desconsideradas para a segunda fase do processo.

No inventário e diagnóstico regional, com a definição das áreas possíveis, os critérios a serem analisados são de natureza física e sócio-econômica. Dentre os de natureza física, incluem-se as características geológicas, hidrogeológicas, geotécnicas e geomorfológicas. As características sócio-econômicas a serem consideradas são: proximidade de aglomerados urbanos, rurais e facilidade de acesso. O método de avaliação dos critérios é de caráter eliminatório classificatório e restritivo. Os critérios eliminatórios envolvem os problemas físicos como por exemplo: áreas sujeitas a inundação. Os critérios classificatórios servem para classificar as áreas segundo seu favorecimento à instalação da obra. Os critérios restritivos são aqueles que podem ser contornados com obras de engenharia, por exemplo, a construção de uma nova via de acesso a um local escolhido.

Nas novas investigações com maior nível de detalhes, são selecionadas as áreas favoráveis, o método é principalmente classificatório em função da ponderação dos valores atribuídos aos critérios anteriormente citados, nesta fase utiliza-se a abordagem multicriterial.

Na última fase define-se, utilizando-se as áreas classificadas no item anterior, a escolha do ponto ótimo considerando agora os custos de transporte através de algoritmos matemáticos.

HARRIS(1992) cita que historicamente, as decisões são tomadas sob o ponto de vista do empreendedor e político e contestadas, simplesmente, por grupos opositoristas. A forma de tentar melhor avaliar as possíveis soluções é a elaboração de uma análise de sensibilidade, através de diferentes enfoques, por exemplo, do empreendedor, de ambientalistas, de técnicos, da comunidade local e da comunidade regional. Deste modo serão obtidos diferentes “cenários” circunstanciais e as respectivas soluções, isto é, ordenação de alternativas. As alternativas que apresentarem, com maior frequência, posições “vantajosas” nestes quadros serão as soluções mais viáveis, mesmo em diferentes possíveis situações.

Os critérios são comparados entre si e hierarquizados. Deste modo obtém-se um vetor de pesos para cada enfoque adotado. Tais informações serão importantes para a análise de sensibilidade dos resultados. Para que as alternativas possam ser avaliadas segundo cada critério, é necessário formular a correspondente escala de avaliação. Essa escala será dividida em número reduzido de faixas, para que a classificação de alternativas não de margem a interpretações confusas, isto é, para se manter a objetividade.

6 ESTUDO DE CASO

A escassez de dados relacionados com meio ambiente para definição das áreas favoráveis a instalação de uma central de resíduos sólidos, dificulta a utilização da abordagem multicriterial. Neste estudo, utilizamos como pontos favoráveis as regiões que correspondem as zonas ZUD B e ZUD C da APA-Corumbataí, as quais apresentam o menor número de restrições (figura 6). Porém, encontra-se anexo um exemplo da utilização das abordagens ELECTRE I e ELECTRE II.

6.1 APA CORUMBATAÍ

“Após a promulgação da legislação federal relativa a política de meio ambiente, foram criadas no Estado de São Paulo dezenove Áreas de Preservação Ambiental (APAs), das quais três federais e dezesseis estaduais. Tais iniciativas tem como base jurídico-institucional, num primeiro plano, a lei Federal 6.902/81, que estabelece em seu artigo 8º, “O Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, poderá declarar determinadas áreas do território nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar as condições ecológicas locais”. Segundo o artigo 9º daquela lei, em cada Área de Proteção Ambiental, dentro dos princípios constitucionais que regem o direito de propriedade, o Poder Executivo poderá estabelecer normas limitando ou proibindo - ou seja, disciplinando atividades, de forma a harmonizar o desenvolvimento e conservação dos recursos naturais. Assim, APA é uma unidade de conservação que visa a proteção da vida silvestre e a manutenção de bancos genéticos e espécies raras da biota regional, bem como dos demais recursos naturais, por meio da adequação e orientação das atividades humanas na área, promovendo a melhoria da qualidade de vida da população (...). Todas essas questões são objeto do

processo de gerenciamento ambiental dessa APA pelo Estado, articulado aos municípios e à comunidade regional, o que compreende, num primeiro momento, ações de natureza normativa, como a institucionalização de um Zoneamento Ambiental. A diretriz maior de tais ações é disciplinar o processo de uso e ocupação do solo vigente no local, buscando formas de desenvolvimento de atividades econômicas que incorporem a conservação dos recursos naturais e a promoção do patrimônio ambiental da área (...). As propostas de Zoneamento Ambiental apresentadas nos anexos foram especificamente formuladas para os perímetros de Corumbataí, Botucatu e Tejuapá” (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Planejamento Ambiental, 1992, p. 11)

6.2 DEMANDA

Na figura 8 temos a malha rodoviária e os municípios que foram incluídos neste estudo. Na tabela 1 temos a população atendida pela coleta de lixo que é o valor da demanda que influi na localização do ponto ótimo.

TABELA 1 - População atendida pela coleta de lixo

município	população (hab.)	coleta de lixo (nível de atendimento)	população atendida
Águas de São Pedro	1715	98.77%	1694
Analândia	3432	94.00%	3226
Brotas	17024	97.15%	16539
Charqueada	12544	89.99%	11288
Corumbataí	3511	95.63%	3358
Dois Córregos	21564	97.07%	20932
Ipeúna	3334	98.56%	3286
Itirapina	10994	92.77%	10199
Mineiros do Tiete	10985	98.91%	10865
Rio Claro	152762	98.06%	149798
Santa Maria da Serra	4482	97.52%	4371
São Pedro	23381	95.82%	22404
Torrinha	8172	98.86%	8079

fonte: SEADE <http://www.seade.gov.br/cgi-bin/lingc/spd.ksh>

TABELA 2 - MATRIZ DE DISTÂNCIAS

[illegible]

PERÍMETRO CORUMBATAÍ

Figura 7 -APA Corumbataí

Figura 8 - APA Corumbataí - Rodovias

Figura 9 - Áreas Favoráveis

6.3 RESULTADOS

No capítulo 4 foi mostrado como dividir o grupo inicial de municípios em 2 e em 3 grupos. As figuras 10, 11 e 12 representam estas situações com os pontos favoráveis a instalação de uma central de resíduos sólidos.

Devido a falta de dados e da complexibilidade da definição de áreas favoráveis, as zonas ZUD B e ZUD C da APA-CORUMATAÍ, foram escolhidas como áreas favoráveis a este estudo, pois são as que apresentam o menor número de restrições.

Nas figuras 8 e 9, onde temos a representação de toda a malha rodoviária, com interseções, cidades (pontos geradores) e pontos favoráveis a instalação de uma central de resíduos sólidos localizados nas áreas ZUD B e ZUD C. Através da tabela que contém a ligação entre os nós (em anexo) e utilizando o programa TRILHA é gerada a matriz de distâncias (caminho mínimo) entre todos os pontos (tabela 2). Esta matriz possui uma linha (segunda linha) que deve ser informada sobre a demanda de cada nó utilizando a tabela 1.

Este procedimento facilita todos os tipos de análise com os municípios, pois, para que um grupo de municípios deixe de influenciar na localização, basta deixarmos o campo correspondente a demanda na matriz igual a zero. Esta situação não impede a utilização das rodovias que passam por estes municípios.

Foram realizadas as seguintes análises, onde o que diferencia uma da outra são as alterações do valor da demanda: (resultados obtidos através da matriz gerada pelo programa TRILHA que possui os dados de entrada do programa REDE).

Primeira análise: Para todos os municípios (figuras 8 e 10)

Resultado: Ponto 20 (Rio Claro)

A localização no ponto 20 (Rio Claro) deve-se ao fato da demanda desta cidade ser muito superior as demais, porém como este ponto é uma área urbana (ponto gerador), o ponto 19, neste caso, seria o mais adequado a instalação porque depois do ponto 20 (Rio Claro), é o que apresenta o menor valor médio (listagens anexas).

Segunda análise: Retirando Rio Claro da análise anterior

Resultado: Ponto 06 (Santa Maria da Serra)

Como este ponto também é um município, o ponto para instalação, neste caso, seria o de número 7 (entre Santa Maria da Serra e Torrinha).

Terceira análise: Para os municípios: Mineiros do Tietê, Dois Córregos, Torrinha, Santa Maria da Serra, Brotas, Itirapina, Analândia e Corumbataí (figura 11)

Resultado: Ponto 06 (Santa Maria da Serra)

O Ponto 5 (próximo a Torrinha) seria a melhor opção neste caso.

Quarta análise: Para os municípios: Águas de São Pedro, São Pedro, Charqueada, Ipeúna e Rio Claro (figura 11)

Resultado: Ponto 20 (Rio Claro)

Semelhante a primeira análise, a localização no ponto 20 (Rio Claro) deve-se ao fato da demanda desta cidade ser muito superior as demais, o ponto para instalação, neste caso seria o de número 19 (próximo a Rio Claro).

Quinta análise: Para os municípios: Analândia, Corumbataí e Itirapina (figura 12)

Resultado: Ponto 26 (Itirapina)

Como este ponto também é um município, o ponto para instalação, neste caso, seria o de número 23 (próximo a Itirapina).

Sexta análise: Para os municípios: Mineiros do Tietê, Dois Córregos, Torrinha, Santa Maria da Serra e Brotas (figura 12)

Resultado: Ponto 03

Como este ponto corresponde a uma interseção de rodovias, o ponto para instalação neste caso, deve ser o de número 4 (próximo a Torrinha).

Sétima análise: Retirando Rio Claro do grupo da quarta análise (considerando sua demanda igual a zero) (figura 11)

Resultado: Ponto 13 (São Pedro)

Como este ponto também é um município, o ponto para instalação, neste caso, seria o de número 14 (entre São Pedro e Charqueada).

Tabela 3 - Distância média de viagem

	número de municípios	população atingida (hab)	distância média de viagem (km)
Primeira análise	13	266039	32.41
Segunda análise	12	116241	39.90
Terceira análise	08	77569	30.36
Quarta análise	05	188470	10.51
Quinta análise	03	16783	11.29
Sexta análise	05	60786	19.38
Sétima análise	04	38672	9.30

6.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A utilização de uma instalação (primeira análise) pode não atender a uma eventual restrição de distância máxima percorrida por um veículo, neste caso, um veículo teria que trafegar 114,1 km entre Mineiros do Tietê e o ponto número 19 (local ótimo da primeira análise).

No caso da segunda análise, a distância máxima percorrida por um veículo seria de 90,1 km, entre Corumbataí e o ponto número 7.

Nos casos de duas instalações, a distância máxima percorrida seria de 87,1 km, entre Corumbataí e o ponto número 5.

Para três instalações, a distância máxima percorrida se reduz para 46,3 km entre Águas de São Pedro e o ponto 19, e retirando Rio Claro do grupo, esta distância passa para 35,4 km entre Brotas e o ponto número 4.

Para definirmos a melhor situação, seria necessário conhecermos o custo por quilômetro rodado e os custos de implantação e operação de uma central de resíduos sólidos, porém, numa visão realista, adotando três pontos, mesmo que não haja mudança na forma de destinação final utilizada pelos municípios, pode-se reduzir de treze para três pontos sem que os veículos percorram grandes distâncias em adição a utilização de áreas com o menor número de restrições do ponto de vista ambiental.

TOMMASI (1984) conclui que é melhor prevenir os impactos que seriam induzidos por um projeto do que, depois, procurar corrigir os danos ambientais gerados.

Tabela 4 - Número de instalações

combinação			população atingida (hab.)	média (km)	número de instalações
primeira análise (13)			266039	32.41	01
segunda análise (12)			116241*	39.90	01
terceira análise (8)	quarta análise (5)		266039	20.44	02
terceira análise (8)	sétima análise (4)		116241*	19.83	02
quarta análise (5)	quinta análise (3)	sexta análise (5)	266039	13.73	03
quinta análise (3)	sexta análise (5)	sétima análise (4)	116241*	13.32	03

* excluindo Rio Claro

Figura 10 - Análise Para Todos os Pontos

Figura 11 - Análise Para Dois Grupos

6.5 UTILIZANDO O SIG

Segundo TABACZENSKI (1995), os SIG's são sistemas computacionais que procuram aliar o progresso tecnológico a necessidade de respostas imediatas que exige o desenvolvimento acelerado da sociedade. Possibilita um diagnóstico imediato das situações visando subsidiar o planejamento de ações e elaborar prognóstico com o intuito de permitir uma intervenção racional e ágil neste processo de desenvolvimento. Essas condições geram a necessidade da manipulação e da integração de crescente volume de dados que se modificam e, devido ao seu potencial de integração com o usuário, de sua capacidade de cruzamento de informações geográficas, velocidades de operação e capacidade de simulações, apresentam-se como uma ferramenta indispensável para a obtenção de resultados adequados além de ter grande versatilidade de apresentação de informações espaciais.

Os sistemas de informação geográficas em adição a uma linguagem de programação permite o profissional gerar um sistema de suporte de decisões em aplicações específicas, locações específicas e usuários específicos. Com o *software* TRANSCAD, no qual a partir da inclusão da matriz de distâncias (tabela 2) e do programa REDE, é possível realizar a conexão entre este e um programa que permiti através da simples seleção de pontos sobre a região em estudo obter a melhor localização. A utilização de SIG's em problemas desta natureza tem mais utilidade nas fases anteriores a escolha do ponto pelo algoritmo, os resultados em forma de mapa evidenciam as áreas de maior probabilidade para que ocorram as alterações no uso da terra. Estatísticas, gráficos e tabelas resumindo as informações georeferenciadas, proporcionam uma análise detalhada da implicações do uso da terra e das reações direta da política de uso da terra.

A utilização de um Sistema de Informações Geográficas justifica-se pela facilidade com que diferentes análises podem ser obtidas utilizando a mesma base de dados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos algoritmos matemáticos para a localização de uma central de resíduos sólidos, mostrou-se eficiente na resolução do problema logístico, porém a definição de áreas favoráveis deve ser melhor estudada a fim de que possamos minimizar o impacto ambiental. O mapa das rodovias em sobreposição ao mapa da APA-Corumbataí apresentou distorções que podem interferir na localização do ponto escolhido. Podemos utilizar os pontos encontrados como uma primeira aproximação, utilizando os critérios anteriormente citados para verificarmos a viabilidade das instalações.

A utilização de um, dois ou três grupos, deve ser comparada com o custo do transporte (manutenção, combustível, funcionários etc) e de como será dividido entre os municípios. Por exemplo, não se justifica para o município de Mineiros do Tietê o transporte até as proximidades de Rio Claro se o valor gasto com o transporte por este município não for rateado.

GLOEDEN (1991) cita que existe uma escassez ou inexistência de dados básicos como mapas geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrogeológicos e pedológicos em escala adequada, o que dificulta a elaboração de projetos desta natureza.

A abordagem multicriterial, deve sempre ser utilizada, pois, mesmo que não garanta a solução ótima para os critérios individuais, evita a escolha das piores alternativas, BARBOSA (1997) destaca ainda os seguintes benefícios:

- a forma de votação (atribuição de pesos) elimina, ou pelo menos minimiza, os interesses bairristas dos representantes regionais, uma vez que a atribuição de pesos é feita pelos critérios e não pelas alternativas;
- cada objetivo tem a sua mensuração feita por meio de escala e unidade de medida apropriadas, não havendo a necessidade de introduzir distorções como seria preciso em outros métodos de análise de projetos;
- consegue-se bom nível de representação dos múltiplos aspectos do planejamento, incluindo fatores de natureza técnica, bem como aqueles de natureza sócio-política e ambientais, garantindo assim melhores chances de implementação da alternativa de planejamento que vier a ser escolhida.

Para HARRIS (1992) a abordagem multicriterial, possibilita incorporar, sistematicamente, aspectos sócio-ambientalistas relevantes, ultrapassando a tradicional ótica técnico-econômica, no processo de seleção de alternativas. Através da simulação de diferentes enfoques de abordagem do problema, são obtidas várias soluções, o que permite detectar, no caso da existência de numerosas alternativas de solução para determinado problema, aquelas alternativas menos viáveis (que poderão ser descartadas) e aquelas que apresentam maior viabilidade. Deste modo, pode-se reduzir, significativamente, o universo de alternativas a serem investigadas posteriormente, permitindo melhor aplicação dos recursos disponíveis, tanto financeiros quanto de tempo.

Para a utilização de SIG's, a preparação da base de dados é o primeiro passo a ser feito, e deve incluir os elementos relevantes desejados no mapa final. A criação e a manutenção de dados são uns dos itens mais custosos, e de total responsabilidade dos usuários. As questões mais importantes são: a definição da escala (definir qual o percentual de confiabilidade em termos de escala) e dos temas necessários (*layers*).

Através da utilização de consórcios intermunicipais para destinação final de resíduos sólidos urbanos, podemos conseguir uma redução de custos de implantação e operação em adição a uma forma adequada de tratamento.

ANEXOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1	0	5																																				
2	5	0	4,2																																			
3		4,2	0	4,9																														4,1				
4			4,9	0	7																																	
5				7	0	7																																
6					7	0	10																						10									
7						10	0	7,5																														
8							7,5	0	5																													
9								5	0	5																												
10									5	0	16,7																											
11										16,7	0	4,5	3																									
12											4,5	0																										
13												3		0	10																						10	
14													10	0	5																							
15														5	0	5																						
16															5	0	5,1																					
17																5,1	0	6,9																				
18																	6,9	0	6,8																			
19																		6,8	0	4,8	29,9																	
20																			4,8	0																		
21																				29,9		0	8,8	11,4														
22																					8,8	0																
23																						11,4		0	6,9		7,6											
24																							6,9	0	6,8													
25																								6,8	0													
26																									7,6		0									8		
27																											0	12								10,9		
28																											12	0	11,4	14,4								
29						10																							11,4	0								
30																													14,4		0	14,4						
31																															14,4	0	8,8					
32																																8,8	0	6				
33			4,1																														6	0				
34																												8	10,9							0	8	
35																																				8	0	14,7
36													10																								14,7	

MATRIZ DE ENTRADA NO PROGRAMA TRILHA

10865	0	0	0	0	8079	0	4371	0	0	0	1694	22404	0	11288	0	3296	0	0	149798	0	3358	0	0	3226	10199	0	16539	0	0	0	0	20932	0	0	0
0	0	0	0	0	2270199	0	1993176	0	0	0	1300992	16870212	0	10183064	0	3299144	0	0	178109822	0	3633356	0	0	3280842	8199996	0	8186805	0	0	0	0	2783956	0	0	0
543250	0	0	0	0	1866249	0	1774626	0	0	0	1216292	15750012	0	9628664	0	3134844	0	0	170619922	0	3465456	0	0	3119542	7690046	0	7359855	0	0	0	0	1737356	0	0	0
999580	0	0	0	0	1526931	0	1591044	0	0	0	1145144	14809044	0	9154568	0	2996832	0	0	164328406	0	3324420	0	0	2984050	7261688	0	6665217	0	0	0	0	858212	0	0	0
1531965	0	0	0	0	1131060	0	1376865	0	0	0	1062138	13711248	0	8601456	0	2835818	0	0	156988304	0	3159878	0	0	2825976	6761937	0	5854806	0	0	0	0	1883880	0	0	0
2292515	0	0	0	0	565530	0	1070895	0	0	0	943558	12142968	0	7811296	0	2605798	0	0	146502444	0	2924818	0	0	2600156	6048007	0	4697076	0	0	0	0	3349120	0	0	0
3053065	0	0	0	0	0	0	764925	0	0	0	824978	10574688	0	7021136	0	2375778	0	0	136016584	0	2689758	0	0	2374336	5334077	0	3539346	0	0	0	0	4814360	0	0	0
4139565	0	0	0	0	807900	0	327825	0	0	0	855578	8334288	0	5892336	0	2047178	0	0	121036784	0	3025558	0	0	2696936	6353977	0	5193246	0	0	0	0	6907560	0	0	0
4954440	0	0	0	0	1413825	0	0	0	0	0	528528	6653988	0	5045736	0	1800728	0	0	109801934	0	3277408	0	0	2938886	7118902	0	6433671	0	0	0	0	8477460	0	0	0
5497690	0	0	0	0	1817775	0	218550	0	0	0	443828	5533788	0	4481336	0	1636428	0	0	102312034	0	3129656	0	0	2796942	6670146	0	7260621	0	0	0	0	9524060	0	0	0
6040940	0	0	0	0	2221725	0	437100	0	0	0	359128	4413588	0	3916936	0	1472128	0	0	94822134	0	2961756	0	0	2635642	6160196	0	8087571	0	0	0	0	10570660	0	0	0
7855395	0	0	0	0	3570918	0	1167057	0	0	0	76230	672120	0	2031840	0	923366	0	0	69805868	0	2400970	0	0	2096900	4456963	0	9691854	0	0	0	0	14066304	0	0	0
8344320	0	0	0	0	3934473	0	1363752	0	0	0	0	1680300	0	2539800	0	1071236	0	0	76546778	0	2552080	0	0	2242070	4915918	0	10436109	0	0	0	0	15008244	0	0	0
8181345	0	0	0	0	3813288	0	1298187	0	0	0	127050	0	0	1693200	0	824786	0	0	65311928	0	2300230	0	0	2000120	4150993	0	9195684	0	0	0	0	14694264	0	0	0
9267845	0	0	0	0	4621188	0	1735287	0	0	0	296450	2240400	0	564400	0	496186	0	0	50332128	0	2266650	0	0	2322720	5170893	0	10849584	0	0	0	0	16787464	0	0	0
9811095	0	0	0	0	5025138	0	1953837	0	0	0	381150	3360600	0	0	0	331886	0	0	42842228	0	2098750	0	0	2484020	5680843	0	11676534	0	0	0	0	17834064	0	0	0
10354345	0	0	0	0	5429088	0	2172387	0	0	0	465850	4480900	0	564400	0	167536	0	0	35352328	0	1930850	0	0	2380788	6190793	0	12503484	0	0	0	0	18880664	0	0	0
10908460	0	0	0	0	5841117	0	2395308	0	0	0	552244	5623404	0	1140088	0	0	0	0	27712630	0	1759592	0	0	2216262	6384574	0	13346973	0	0	0	0	19948196	0	0	0
11658145	0	0	0	0	6398568	0	2696907	0	0	0	669130	7169280	0	1918960	0	226734	0	0	17376568	0	1527890	0	0	1993668	5680843	0	14322774	0	0	0	0	21392504	0	0	0
12396965	0	0	0	0	6947940	0	2994135	0	0	0	784322	8692752	0	2686544	0	450182	0	0	7190304	0	1299546	0	0	1774300	4987311	0	13198122	0	0	0	0	22815880	0	0	0
12918485	0	0	0	0	7335732	0	3203943	0	0	0	865634	9768144	0	3228368	0	607910	0	0	0	0	1460730	0	0	1929148	5476863	0	13991994	0	0	0	0	23820616	0	0	0
10799810	0	0	0	0	5760327	0	3881448	0	0	0	1138368	13375188	0	6061656	0	1432696	0	0	51979906	0	295504	0	0	809726	1937810	0	8252961	0	0	0	0	19571420	0	0	0
11755930	0	0	0	0	6471279	0	4266096	0	0	0	1287440	15346740	0	7055000	0	1721864	0	0	65162130	0	0	0	0	1093614	2835322	0	9708393	0	0	0	0	21413436	0	0	0
9561200	0	0	0	0	4839321	0	3383154	0	0	0	945252	10821132	0	7145304	0	1807300	0	0	69056878	0	678316	0	0	441962	775124	0	6367515	0	0	0	0	17185172	0	0	0
10310885	0	0	0	0	5396772	0	3684753	0	0	0	1062138	12367008	0	7924176	0	2034034	0	0	79392940	0	910018	0	0	219368	1478855	0	7508706	0	0	0	0	18629480	0	0	0
11049705	0	0	0	0	5946144	0	3981981	0	0	0	1177330	13890480	0	8691760	0	2257482	0	0	89579204	0	1138352	0	0	0	2172387	0	8633358	0	0	0	0	20052856	0	0	0
8735460	0	0	0	0	4225317	0	3050958	0	0	0	816508	9118428	0	6287416	0	2057036	0	0	80441526	0	933524	0	0	687138	0	5110551	0	0	0	0	15594340	0	0	0	
6681975	0	0	0	0	2698386	0	2224839	0	0	0	865634	9768144	0	6614768	0	2257482	0	0	108753348	0	1568186	0	0	1296852	1927611	0	1984680	0	0	0	0	11638192	0	0	0
5378175	0	0	0	0	1728906	0	1700319	0	0	0	1068914	12456624	0	7969328	0	2651802	0	0	126729108	0	1971146	0	0	1683972	3151491	0	0	0	0	0	9126352	0	0	0	
4139565	0	0	0	0	807900	0	1202025	0	0	0	994378	12815088	0	8149936	0	2704378	0	0	143806080	0	2353958	0	0	2051736	4314177	0	1885446	0	0	0	0	6907560	0	0	0
4617625	0	0	0	0	2892282	0	2329743	0	0	0	1312850	15682900	0	9584800	0	3124986	0	0	148300020	0	2454698	0	0	2148516	4620147	0	2381616	0	0	0	0	6112144	0	0	0
3053065	0	0	0	0	3053862	0	2417163	0	0	0	1465310	18908976	0	11220272	0	3598170	0	0	169870932	0	2938250	0	0	2613060	6088803	0	4763232	0	0	0	0	3097936	0	0	0
2096945	0	0	0	0	2342910	0	2032515	0	0	0	1316238	17071848	0	10294656	0	3328718	0	0	179458004	0	3233754	0	0	2896948	6986315	0	6218664	0	0	0	0	1255920	0	0	0
1445045	0	0	0	0	1858170	0	1770255	0	0	0	1214598	15727608	0	9617376	0	3131558	0	0	170470124	0	3435234	0	0	3090508	7598255	0	7211004	0	0	0	0	0	0	0	
7866260	0	0	0	0	3578997	0	2701278	0	0	0	680988	7326108	0	5384376	0	1899308	0	0	92425366	0	1202154	0	0	945218	815920	0	3787431	0	0	0	0	13919780	0	0	0
8735460	0	0	0	0	4225317	0	2377824	0	0	0	545468	5533788	0	4481336	0	1636428	0	0	102312034	0	1470804	0	0	1203298	1631840	0	5110551	0	0	0	0	15594340	0	0	0
9267845	0	0	0	0	4621188	0	1735287	0	0	0	296450	2240400	0	2822000	0	1153386	0	0	80291728	0	1964430	0	0	1677520	3131093	0	7541784	0	0	0	0	16787464	0	0	0

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	240121564	902,59
2	227906114	856,66
3	217645136	818,09
4	207725331	780,81
5	193554181	727,54
6	179383031	674,27
7	167418731	629,3
8	158445506	595,57
9	151322854	568,8
10	144099504	541,65
11	118815785	446,61
12	130635080	491,04
13	113591075	426,97
14	106951195	402,01
15	103480145	388,97
16	100873363	379,17
17	97828848	367,72
18	93031971	349,69
19	86218303	324,08
20	84607567	318,03
21	125296820	470,97
22	148117244	556,75
23	133007630	499,96
24	150919133	567,28
25	168571049	633,63
26	137058202	515,18
27	158280097	594,95
28	175616137	660,11
29	192132227	722,2
30	205572227	772,71
31	233089031	876,15
32	238533435	896,61
33	226569735	851,64
34	142533194	535,76
35	154858488	582,09
36	133530575	501,92

RESULTADO OTIMO

84607567

LOCALIZACAO:

PONTO 20

RESULTADO DA PRIMEIRA ANÁLISE (CONT.)

10865	0	0	0	0	8079	0	4371	0	0	0	1694	22404	0	11288	0	3286	0	0	0	0	3358	0	0	3226	10199	0	16539	0	0	0	0	20932	0	0	0
0	0	0	0	0	2270199	0	1993176	0	0	0	1300992	16870212	0	10193064	0	3299144	0	0	0	0	3633356	0	0	3280842	8199996	0	8186805	0	0	0	0	2783956	0	0	0
543250	0	0	0	0	1866249	0	1774626	0	0	0	1216292	15750012	0	9628664	0	3134844	0	0	0	0	3465456	0	0	3119542	7690046	0	7359855	0	0	0	0	1737356	0	0	0
999580	0	0	0	0	1526931	0	1591044	0	0	0	1145144	14809044	0	9154568	0	2996832	0	0	0	0	3324420	0	0	2984050	7261688	0	6665217	0	0	0	0	858212	0	0	0
1531965	0	0	0	0	1131060	0	1376865	0	0	0	1062138	13711248	0	8601456	0	2835818	0	0	0	0	3159878	0	0	2825976	6761937	0	5854806	0	0	0	0	1883880	0	0	0
2292515	0	0	0	0	565530	0	1070895	0	0	0	943558	12142968	0	7811296	0	2605798	0	0	0	0	2924818	0	0	2600156	6048007	0	4697076	0	0	0	0	3349120	0	0	0
3053065	0	0	0	0	0	764925	0	0	0	824978	10574688	0	7021136	0	2375778	0	0	0	0	2689758	0	0	2374336	5334077	0	3539346	0	0	0	0	4814360	0	0	0	
4139565	0	0	0	0	807900	0	327825	0	0	0	655578	8334288	0	5892336	0	2047178	0	0	0	0	3025558	0	0	2696936	6353977	0	5193246	0	0	0	0	6907560	0	0	0
4954440	0	0	0	0	1413825	0	0	0	0	528528	6653988	0	5045736	0	1800728	0	0	0	0	3277408	0	0	2938886	7118902	0	6433671	0	0	0	0	8477460	0	0	0	
5497690	0	0	0	0	1817775	0	218550	0	0	0	443828	5533788	0	4481336	0	1636428	0	0	0	0	3129656	0	0	2796942	6670146	0	7260621	0	0	0	0	9524060	0	0	0
6040940	0	0	0	0	2221725	0	437100	0	0	0	359128	4413588	0	3916936	0	1472128	0	0	0	0	2961756	0	0	2635642	6160196	0	8087571	0	0	0	0	10570660	0	0	0
7855395	0	0	0	0	3570918	0	1167057	0	0	0	76230	672120	0	2031840	0	923366	0	0	0	0	2400970	0	0	2096900	4456963	0	9691854	0	0	0	0	14066304	0	0	0
8344320	0	0	0	0	3934473	0	1363752	0	0	0	0	1680300	0	2539800	0	1071236	0	0	0	0	2552080	0	0	2242070	4915918	0	10436109	0	0	0	0	15008244	0	0	0
8181345	0	0	0	0	3813288	0	1298187	0	0	0	127050	0	0	1693200	0	824786	0	0	0	0	2300230	0	0	2000120	4150993	0	9195684	0	0	0	0	14694264	0	0	0
9267845	0	0	0	0	4621188	0	1735287	0	0	0	296450	2240400	0	564400	0	496186	0	0	0	0	2266650	0	0	2322720	5170893	0	10849584	0	0	0	0	16787464	0	0	0
9811095	0	0	0	0	5025138	0	1953837	0	0	0	381150	3360600	0	0	0	331886	0	0	0	0	2098750	0	0	2484020	5680843	0	11676534	0	0	0	0	17834064	0	0	0
10354345	0	0	0	0	5429088	0	2172387	0	0	0	465850	4480800	0	564400	0	167586	0	0	0	0	1930850	0	0	2380788	6190793	0	12503484	0	0	0	0	18880664	0	0	0
10908460	0	0	0	0	5841117	0	2395308	0	0	0	552244	5623404	0	1140088	0	0	0	0	0	1759592	0	0	2216262	6384574	0	13346973	0	0	0	0	19948196	0	0	0	
11658145	0	0	0	0	6398568	0	2696907	0	0	0	669130	7169280	0	1918960	0	226734	0	0	0	0	1527890	0	0	1993668	5680843	0	14322774	0	0	0	0	21392504	0	0	0
12396965	0	0	0	0	6947940	0	2994135	0	0	0	784322	8692752	0	2686544	0	450182	0	0	0	0	1299546	0	0	1774300	4987311	0	13198122	0	0	0	0	22815880	0	0	0
12918485	0	0	0	0	7335732	0	3203943	0	0	0	865634	9768144	0	3228368	0	607910	0	0	0	0	1460730	0	0	1929148	5476863	0	13991994	0	0	0	0	23820616	0	0	0
10799810	0	0	0	0	5760327	0	3881448	0	0	0	1138368	13375188	0	6061656	0	1432696	0	0	0	0	295504	0	0	809726	1937810	0	8252961	0	0	0	0	19571420	0	0	0
11755930	0	0	0	0	6471279	0	4266096	0	0	0	1287440	15346740	0	7055000	0	1721864	0	0	0	0	0	0	1093614	2835322	0	9708393	0	0	0	0	21413436	0	0	0	
9561200	0	0	0	0	4839321	0	3383154	0	0	0	945252	10821132	0	7145304	0	1807300	0	0	0	0	678316	0	0	441962	775124	0	6367515	0	0	0	0	17185172	0	0	0
10310885	0	0	0	0	5396772	0	3684753	0	0	0	1062138	12367008	0	7924176	0	2034034	0	0	0	0	910018	0	0	219368	1478855	0	7508706	0	0	0	0	18629480	0	0	0
11049705	0	0	0	0	5946144	0	3981981	0	0	0	1177330	13890480	0	8691760	0	2257482	0	0	0	0	1138362	0	0	0	2172387	0	8633358	0	0	0	0	20052856	0	0	0
8735460	0	0	0	0	4225317	0	3050958	0	0	0	816508	9118428	0	6287416	0	2057036	0	0	0	0	933524	0	0	687138	0	0	5110551	0	0	0	0	15594340	0	0	0
6681975	0	0	0	0	2698386	0	2224839	0	0	0	865634	9768144	0	6614768	0	2257482	0	0	0	0	1568186	0	0	1296852	1927611	0	1984680	0	0	0	0	11638192	0	0	0
5378175	0	0	0	0	1728906	0	1700319	0	0	0	1068914	12456624	0	7969328	0	2651802	0	0	0	0	1971146	0	0	1683972	3151491	0	0	0	0	0	9126352	0	0	0	
4139565	0	0	0	0	807900	0	1202025	0	0	0	994378	12815088	0	8149936	0	2704378	0	0	0	0	2353958	0	0	2051736	4314177	0	1885446	0	0	0	0	6907560	0	0	0
4617625	0	0	0	0	2892282	0	2329743	0	0	0	1312850	15682800	0	9594800	0	3124986	0	0	0	0	2454698	0	0	2148516	4620147	0	2381616	0	0	0	0	6112144	0	0	0
3053065	0	0	0	0	3053862	0	2417163	0	0	0	1465310	18908976	0	11220272	0	3598170	0	0	0	0	2938250	0	0	2613060	6088803	0	4763232	0	0	0	0	3097936	0	0	0
2096945	0	0	0	0	2342910	0	2032515	0	0	0	1316238	17071848	0	10294656	0	3328718	0	0	0	0	3233754	0	0	2896948	6986315	0	6218664	0	0	0	0	1255920	0	0	0
1445045	0	0	0	0	1858170	0	1770255	0	0	0	1214598	15727608	0	9617376	0	3131558	0	0	0	0	3435234	0	0	3090508	7598255	0	7211004	0	0	0	0	0	0	0	
7866260	0	0	0	0	3578997	0	2701278	0	0	0	680998	7326108	0	5384376	0	1899308	0	0	0	0	1202164	0	0	945218	815920	0	3787431	0	0	0	0	13919780	0	0	0
8735460	0	0	0	0	4225317	0	2377824	0	0	0	545468	5533788	0	4481336	0	1636428	0	0	0	0	1470804	0	0	1203298	1631840	0	5110551	0	0	0	0	15594340	0	0	0
9267845	0	0	0	0	4621188	0	1735287	0	0	0	296450	2240400	0	2822000	0	1153386	0	0	0	0	1964430	0	0	1677520	3131093	0	7541784	0	0	0	0	16787464	0	0	0

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	62011742	533,48
2	57286192	492,82
3	53316730	458,67
4	50737027	436,48
5	47051737	404,78
6	43366447	373,07
7	46381947	399,02
8	48643572	418,47
9	49010820	421,63
10	49277370	423,92
11	49009917	421,62
12	54088302	465,31
13	48279147	415,34
14	56619067	487,08
15	60637917	521,66
16	65521035	563,67
17	70116218	603,2
18	75655403	650,85
19	79027999	679,86
20	84607567	727,86
21	73316914	630,73
22	82955114	713,65
23	63950752	550,16
24	71526193	615,33
25	78991845	679,55
26	56616676	487,06
27	49526749	426,07
28	48887029	420,57
29	48326147	415,74
30	57272207	492,7
31	63218099	543,85
32	59075431	508,22
33	56099611	482,61
34	50107828	431,07
35	52546454	452,05
36	53238847	458

RESULTADO OTIMO 43366447

LOCALIZACAO PONTO 6

RESULTADO DA SEGUNDA ANÁLISE (CONT.)

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	30348330	391,24
2	27556380	355,25
3	25211142	325,02
4	24526367	316,19
5	23548117	303,58
6	22569867	290,97
7	29452567	379,7
8	34614592	446,24
9	36915440	475,9
10	39115590	504,27
11	45306361	584,08
12	48796966	629,08
13	45634111	588,3
14	53021631	683,54
15	56564281	729,21
16	59842399	771,47
17	62800482	809,61
18	65671299	846,62
19	66414199	856,2
20	70137511	904,2
21	51309006	661,46
22	57544070	741,84
23	43231764	557,33
24	48138837	620,59
25	52974793	682,94
26	38337288	494,23
27	30020721	387,02
28	24740361	318,95
29	23662367	305,05
30	27556771	355,25
31	28025371	361,3
32	27063971	348,9
33	26408471	340,45
34	34817048	448,85
35	40349434	520,17
36	46726611	602,39

RESULTADO OTIMO

22569867

LOCALIZACAO:

PONTO 6

RESULTADO DA TERCEIRA ANÁLISE (CONT.)

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	209773234	1113,03
2	200349734	1063,03
3	192433994	1021,03
4	183198964	972,03
5	170006064	902,03
6	156813164	832,03
7	137966164	732,03
8	123830914	657,03
9	114407414	607,03
10	104983914	557,03
11	73509424	390,03
12	81838114	434,22
13	67956964	360,57
14	53929564	286,14
15	46915864	248,93
16	41030964	217,71
17	35028366	185,86
18	27360672	145,17
19	19804104	105,08
20	14470056	76,78
21	73987814	392,57
22	90573174	480,57
23	89775866	476,34
24	102780296	545,34
25	115596256	613,34
26	98720914	523,8
27	128259376	680,53
28	150875776	800,53
29	168469860	893,88
30	178015456	944,53
31	205063660	1088,04
32	211469464	1122,03
33	200161264	1062,03
34	107716146	571,53
35	114509054	607,57
36	86803964	460,57

RESULTADO OTIMO

14470056

LOCALIZACAO:

PONTO 20

RESULTADO DA QUARTA ANÁLISE (CONT.)

[illegible]

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	15114194	900,57
2	14275044	850,57
3	13570158	808,57
4	12747791	759,57
5	11572981	689,57
6	10398171	619,57
7	12076471	719,57
8	13335196	794,57
9	12596744	750,57
10	11757594	700,57
11	8954833	533,57
12	9710068	578,57
13	8451343	503,57
14	9760263	581,56
15	10263613	611,55
16	10502431	625,78
17	10360428	617,32
18	9202401	548,32
19	8061157	480,32
20	8866741	528,32
21	3043040	181,32
22	3928936	234,1
23	1895402	112,94
24	2608241	155,41
25	3310749	197,27
26	1620662	96,57
27	4792649	285,57
28	6806609	405,57
29	8719871	519,57
30	9223361	549,57
31	11640113	693,57
32	13117017	781,57
33	14123997	841,57
34	2963302	176,57
35	4305942	256,57
36	6773043	403,57

RESULTADO OTIMO

1620662

LOCALIZACAO:

PONTO 26

RESULTADO DA QUINTA ANÁLISE (CONT.)

[illegible]

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	15234136	250,62
2	13281336	218,49
3	11640984	191,51
4	11778576	193,77
5	11975136	197
6	12171696	200,24
7	17376096	285,86
8	21279396	350,07
9	24318696	400,07
10	27357996	450,07
11	36351528	598,02
12	39086898	643,02
13	37182768	611,7
14	43261368	711,7
15	46300668	761,7
16	49339968	811,7
17	52440054	862,7
18	56468898	928,98
19	58353042	959,98
20	61270770	1007,98
21	48265966	794,03
22	53615134	882,03
23	41336362	680,03
24	45530596	749,03
25	49664044	817,03
26	36716626	604,03
27	25228072	415,03
28	17933752	295,03
29	14942496	245,82
30	18333410	301,61
31	16385258	269,56
32	13946954	229,44
33	12284474	202,09
34	31853746	524,03
35	36043492	592,96
36	39953568	657,28

RESULTADO OTIMO

11640984

LOCALIZACAO:

PONTO 3

RESULTADO DA SEXTA ANÁLISE (CONT.)

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1694	22404 0	11288 0	3286 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1300992	16870212 0	10193064 0	3299144 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1216292	15750012 0	9628664 0	3134844 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1145144	14809044 0	9154568 0	2996832 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1062138	13711248 0	8601456 0	2835818 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	943558	12142968 0	7811296 0	2605798 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	824978	10574688 0	7021136 0	2375778 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	655578	8334288 0	5892336 0	2047178 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	528528	6653988 0	5045736 0	1800728 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	443828	5533788 0	4481336 0	1636428 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	359128	4413588 0	3916936 0	1472128 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	76230	672120 0	2031840 0	923366 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	1680300 0	2539800 0	1071236 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	127050	0 0	1693200 0	824786 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	296450	2240400 0	564400 0	496186 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	381150	3360600 0	0 0	331886 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	465850	4480800 0	564400 0	167586 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	552244	5623404 0	1140088 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	669130	7169280 0	1918960 0	226734 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	784322	8692752 0	2686544 0	450182 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	865634	9768144 0	3228368 0	607910 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1138368	13375188 0	6061656 0	1432696 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1287440	15346740 0	7055000 0	1721864 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	945252	10821132 0	7145304 0	1807300 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1062138	12367008 0	7924176 0	2034034 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1177330	13890480 0	8691760 0	2257482 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	816508	9118428 0	6287416 0	2057036 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	865634	9768144 0	6614768 0	2257482 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1068914	12456624 0	7969328 0	2651802 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	994378	12815088 0	8149936 0	2704378 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1312850	15682800 0	9594800 0	3124986 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1465310	18908976 0	11220272 0	3598170 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1316238	17071848 0	10294656 0	3328718 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1214598	15727608 0	9617376 0	3131558 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	680988	7326108 0	5384376 0	1899308 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	545468	5533788 0	4481336 0	1636428 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	296450	2240400 0	2822000 0	1153386 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

NO	DISTANCIA	MEDIA
1	31663412	818,77
2	29729812	768,77
3	28105588	726,77
4	26210660	677,77
5	23503620	607,77
6	20796580	537,77
7	16929380	437,77
8	14028980	362,77
9	12095380	312,77
10	10161780	262,77
11	3703556	95,77
12	5291336	136,83
13	2645036	68,4
14	3597436	93,02
15	4073636	105,34
16	5678636	146,84
17	7315736	189,17
18	9984104	258,17
19	12613800	326,17
20	14470056	374,17
21	22007908	569,09
22	25411044	657,09
23	20718988	535,76
24	23387356	604,76
25	26017052	672,76
26	18279388	472,68
27	19506028	504,4
28	24146668	624,4
29	24663780	637,77
30	29715436	768,4
31	35192728	910,03
32	32011460	827,77
33	29691140	767,77
34	15290780	395,4
35	12197020	315,4
36	6512236	168,4

RESULTADO OTIMO

2645036

LOCALIZACAO:

PONTO 13

RESULTADO DA SÉTIMA ANÁLISE (CONT.)

```
{Ronaldo Marinho dos Santos    USP-Sao Carlos    17/10/1995}
{Programa para determinacao do menor caminho em redes }
{Referência: Syslo, M.M.; NARSINGH, D.;KOWALIK, J.S.(1983).}
{      Discrete optimization algorithms. }
{      Prentice Hall, Inc.,Englewood Cliffs }
{      paginas: 242 - 246 }
```

```
PROGRAM TRILHA;
USES CRT,PRINTER;
CONST N=100; {numero maximo de valores de entrada}
TYPE ARRNN=ARRAY[1..N,1..N] OF integer;
{declaracao de variaveis}
VAR
  ARQE          :TEXT;          {arquivo de entrada}
  BB            :ARRNN;          {variavel auxiliar}
  I,
  IINF,          {numero inteiro representa "infinito"}
  J,             {contador}
  NN            :INTEGER;        {numero de nos}
  NNEGACYCLE    :BOOLEAN;        {variavel indicadora da possivel solucao}
  NOMEARQE      :STRING[20];     {nome do arquivo de entrada}
  PESONO        :INTEGER;        {utilizacao em outro programa}
  PPS           :ARRNN;          {caminhos}
  TECLA         :CHAR;           {variavel auxiliar}
  WW            :ARRNN;          {distancias entre os nos}
{inicio da procedure}
PROCEDURE FLOYD(
  N,INF      : INTEGER; {idem NN e IINF}
  VAR NEGACYCLE: BOOLEAN; {idem NNEGACYCLE}
  VAR W,      {caminho minimo (todos os nos)}
  P          : ARRNN); {ligacao dos nos}
VAR I,J,L,NEWLABEL: INTEGER;
BEGIN
  FOR I:= 1 TO N DO
    FOR J:= 1 TO N DO
      IF W[I,J] <> INF THEN P[I,J]:=I
      ELSE P[I,J]:=0;
      NEGACYCLE:= FALSE;
    (* INITIALIZATION OVER *)
    L:=1;
    WHILE (L <= N) AND (NOT NEGACYCLE) DO
      BEGIN
        FOR I:= 1 TO N DO
          BEGIN
            IF W[I,L] <> INF THEN
              FOR J:=1 TO N DO
                IF W[L,J] <> INF THEN
                  BEGIN
                    NEWLABEL:= W[I,L] + W[L,J];
                    IF W[I,J] > NEWLABEL THEN
                      BEGIN
                        W[I,J]:= NEWLABEL;
                        P[I,J]:= P[L,J];
                      END
                    END (* J *);
                  NEGACYCLE:= NEGACYCLE OR (W[I,I]<0)
```

```

    END (* I *);
    L:=L+1
  END (* WHILE *)
END;
{inicio da procedure de entrada de dados}
PROCEDURE ENTRADA;
VAR TECLA1: CHAR;    {variavel auxiliar}
BEGIN
  CLRSCR;
  GOTOXY(10,12);
  WRITE('QUAL O NOME DO ARQUIVO DE SAIDA?');
  READLN(NOMEARQE);
  ASSIGN(ARQE,NOMEARQE);
  REWRITE(ARQE);
  CLRSCR;
  WRITELN('ENTRE COM O NUMERO DE NOS');
  READLN(NN);
  WRITELN(ARQE,NN);

  {este modulo e utilizado em outro programa(REDE.PAS)}
  FOR J:=1 TO NN DO
  BEGIN
    PESONO:=0;
    WRITE(ARQE,PESONO:9)
  END;
  WRITELN(ARQE);
  {fim do modulo}

  WRITELN;
  WRITELN('ENTRE COM UM NUMERO INTEIRO QUALQUER (DE VALOR ELEVADO)');
  WRITELN(' ESTE NUMERO REPRESENTA UMA LIGACAO INEXISTENTE');
  READLN(IINF);
  CLRSCR;
  WRITELN;
  WRITELN('ENTRE COM A MATRIZ');
  WRITELN('DIGITE LINHA A LINHA TECLANDO <ENTER> APOS CADA ELEMENTO');
  FOR I:=1 TO NN DO
  BEGIN
    WRITELN('ENTRE COM A LINHA ', I);
    FOR J:=1 TO NN DO
    BEGIN
      READLN (WW[I,J]);
      BB[I,J]:=WW[I,J]
    END;
    WRITELN('CONFIRMA A LINHA? S / N');
    REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
    TECLA:=READKEY; TECLA:=UPCASE(TECLA);
    IF TECLA = 'N' THEN
    BEGIN
      WRITELN('ENTRE COM A LINHA ', I);
      FOR J:=1 TO NN DO
      BEGIN
        READLN (WW[I,J]);
        BB[I,J]:=WW[I,J]
      END
    END
  END

```



```

        END
    END;
BEGIN {principal}
ENTRADA;
FLOYD(nn,iinf,nnegacycle,ww,pps);
{saida de dados na tela}
CLRSCR;
Writeln('RESULTADOS:');
Writeln; Writeln('NEGACYCLE?: ',NNEGACYCLE);
Writeln;
Writeln('DISTANCIAS MINIMAS:');
FOR I:=1 TO NN DO
BEGIN
Writeln;
Writeln(ARQE);
    FOR J:=1 TO (NN) DO
    BEGIN
        WRITE(WW[I,J]);WRITE(' ');
        {utilizacao em outro programa(REDE.PAS)*}
        IF J=I THEN
            WRITE(ARQE,PESONO:9)
        ELSE
            WRITE(ARQE,WW[I,J]:9)
        {fim*}
    END
END;
Writeln;Writeln;
Writeln('LIGACOES (DADOS DE ENTRADA):');
FOR I:=1 TO NN DO
BEGIN
Writeln;
    FOR J:=1 TO (NN) DO
    BEGIN
        WRITE (PPS[I,J]);WRITE(' ')
    END
END;
RESET(ARQE);
CLOSE(ARQE);
REPEAT UNTIL KEYPRESSED
END.
{fim do programa}

```

```
{Este programa utiliza os resultados do programa TRILHA.PAS }
{Ronaldo Marinho dos Santos    USP-Sao Carlos  17/10/1995}
{Programa para determinacao do ponto otimo em redes:}
{minimizacao da distancia media.}
{Referência: LARSON, R. C.; ODONI, A. R.(1981) }
{                               Urban Operations Research. Prentice Hall.}
{                               paginas: 427 - 641 }
```

PROGRAM REDE:

```
USES CRT, PRINTER;
CONST NVA=100;    {numero maximo de valores de entrada}
TYPE ARR= ARRAY[1..NVA,1..NVA] OF REAL;
TYPE ARR1= ARRAY[1..NVA] OF REAL;
{declaracao de variaveis}
VAR
  AA          :ARR;          {matriz de entrada}
  ARQE,        :TEXT;        {arquivo de entrada}
  ARQS         :TEXT;        {arquivo de saida}
  I,           :INTEGER;     {contador}
  J            :INTEGER;     {contador}
  MEDIA        :ARR1;        {valor medio dos pesos dos nos}
  MENOR        :REAL;        {menor valor (otimo)}
  NOMEARQE     :STRING[20];  {nome do arquivo de entrada}
  NOMEARQS     :STRING[20];  {nome do arquivo de saida}
  NNOS         :INTEGER;     {numero de nos}
  PESONO       :ARR1;        {peso dos nos}
  PONTO        :INTEGER;     {ponto escolhido}
  SOMA         :ARR1;        {soma da linha da matriz*}
  TECLA        :CHAR;        {variavel auxiliar}
  TPESONO      :REAL;        {soma do peso dos nos}
{inicio da procedure de entrada de dados}
PROCEDURE ENTECLE;
BEGIN
  ASSIGN(ARQE,NOMEARQE);
  REWRITE(ARQE);
  CLRSCR;
  WRITELN('ENTRE COM O NUMERO DE NOS ');
  READLN(NNOS);
  GOTOXY(1,5);
  WRITELN(ARQE,NNOS);
  FOR J:=1 TO NNOS DO
  BEGIN
    WRITELN('ENTRE COM O PESO DO NO ',J);
    READ(PESONO[J]);
    WRITE(ARQE,PESONO[J]:9:2);
  END;
  WRITELN(ARQE);
  WRITELN('ENTRE COM A MATRIZ, LINHA A LINHA TECLANDO');
  WRITELN('    <ENTER> APOS CADA ELEMENTO    ');
  FOR I:=1 TO NNOS DO
  BEGIN
    WRITELN('ENTRE COM A LINHA ',I);
    WRITELN(ARQE);
    FOR J:=1 TO NNOS DO
    BEGIN
      READ(AA[I,J]);
      WRITE(ARQE,AA[I,J]:9:2);
    END;
  END;
```

```

END;
RESET(ARQE);
CLOSE(ARQE);
END;
{fim do procedimento de entrada de dados}
{início do procedimento de leitura de arquivo}
PROCEDURE ENTRARQ;
BEGIN
  ASSIGN(ARQE,NOMEARQE);
  RESET(ARQE);
  READLN(ARQE,NNOS);
  FOR J:=1 TO NNOS DO
    READ(ARQE,PESONO[J]);
  READLN(ARQE);
  FOR I:=1 TO NNOS DO
    BEGIN
      READLN(ARQE);
      FOR J:=1 TO NNOS DO
        READ(ARQE,AA[I,J]);
      END;
    END;
  CLOSE(ARQE);
END;
{fim do procedimento de leitura de dados}
{início do programa principal}
BEGIN
  CLRSCR;
  GOTOXY(10,12);
  WRITE('QUAL O NOME DO ARQUIVO DE DADOS?');
  READLN(NOMEARQE);
  GOTOXY(10,14);
  WRITE('QUAL O NOME DO ARQUIVO DE RESULTADOS?');
  READLN(NOMEARQS);
  CLRSCR;
  GOTOXY(03,12);
  WRITELN('  OBS: ESTE PROGRAMA RECEBE DADOS VIA ARQUIVO');
  WRITELN('      OU DIRETAMENTE PELO TECLADO  ');
  GOTOXY(10,15);
  WRITE('  T - ENTRADA DE DADOS VIA TECLADO');
  GOTOXY(10,17);
  WRITE('  A - ENTRADA DE DADOS VIA ARQUIVO');
  TECLA:=READKEY;
  TECLA:=UPCASE(TECLA);
  IF TECLA='T' THEN
    ENTECLE
  ELSE
    ENTRARQ;
    TPESONO:=0;
    FOR J:=1 TO NNOS DO
      BEGIN
        FOR I:=1 TO NNOS DO
          AA[I,J]:=AA[I,J]*PESONO[J];
          TPESONO:=TPESONO+PESONO[J];
        END;
      END;
    FOR I:=1 TO NNOS DO
      BEGIN
        FOR J:=1 TO NNOS DO
          SOMA[I]:=SOMA[I]+AA[I,J];
        END;
      END;

```



```

FOR I:=1 TO NNOS DO
MEDIA[I]:=SOMA[I]/TPESONO;
MENOR:=SOMA[1];
FOR I:=1 TO NNOS DO
BEGIN
IF MENOR >= SOMA[I] THEN
BEGIN
MENOR:=SOMA[I];
PONTO:=I;
END;
END;
{saída de dados na tela}
CLRSCR;
Writeln('NO    DISTANCIA TOTAL    MEDIA');
Writeln;
FOR I:=1 TO NNOS DO
BEGIN
WRITE(I);WRITE('    ');WRITE(SOMA[I]:5:2);WRITE('    ');WRITE(MEDIA[I]:5:2);
Writeln;
END;
Writeln;
Writeln('RESULTADO OTIMO = ',MENOR:9:2);
Writeln;
Writeln('LOCALIZACAO OTIMA NO PONTO ',PONTO);
REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
{saída de dados - arquivo}
ASSIGN(ARQS,NOMEARQS);
REWRITE(ARQS);
Writeln(ARQS,NNOS);
FOR J:=1 TO NNOS DO
WRITE(ARQS,PESONO[J]:13:2);
Writeln(ARQS);
FOR I:=1 TO NNOS DO
BEGIN
Writeln(ARQS);
FOR J:=1 TO NNOS DO
WRITE(ARQS,AA[I,J]:13:2);
END;
Writeln(ARQS);Writeln(ARQS);
Writeln(ARQS,'NO DISTANCIA TOTAL    MEDIA');
Writeln(ARQS);
FOR I:=1 TO NNOS DO
BEGIN
WRITE(ARQS,I:2);WRITE(ARQS,SOMA[I]:13:2);WRITE(ARQS,MEDIA[I]:13:2);
Writeln(ARQS);
END;
Writeln(ARQS);
Writeln(ARQS,'RESULTADO OTIMO = ',MENOR:9:2);
Writeln(ARQS);
Writeln(ARQS,'LOCALIZACAO OTIMA NO PONTO ',PONTO);
CLOSE(ARQS);
END.
{fim do programa}

```

ZONEAMENTO AMBIENTAL DA APA CORUMBATAÍ

FONTE: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria De Planejamento Ambiental. (1992). Áreas de Proteção Ambiental do Estado de São Paulo - APAS - Propostas de Zoneamento Ambiental. São Paulo.

ZONA	CARACTERIZAÇÃO	DIRETRIZES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO			ESPECIFICAÇÕES DE MANEJO	DIRETRIZES GERAIS
		COMPATIVÉIS	PERMISSÍVEIS SOBRE CONTROLE	PROIBIDOS		
Proteção Máxima ZPM	Sistema das cuestas e seu entorno; morros-testemunhos; áreas com declividade superior a 45 %; margens dos cursos d'água, lagos, banhados e reservatórios; nascentes e varzeas; áreas recobertas por vegetação remanescente; demais áreas de preservação permanente.	<ul style="list-style-type: none"> ações de recomposição florística atividade de recuperação de áreas degradadas pela erosão atividades de pesquisas ambientais e arqueológicas turismo ecológico captação natural de água para abastecimento público 	<ul style="list-style-type: none"> rodovias, ferrovias e moradias existentes, em adaptações mineração existente controlada 	<ul style="list-style-type: none"> todos os usos não expressamente proibidos 		
Uso Especial ZUE	Áreas de recarga e de expansão urbana das sedes municipais de Analândia, Itirapina, São Pedro e Santa Maria da Serra.	<ul style="list-style-type: none"> todos os usos urbanos não expressamente proibidos 	<ul style="list-style-type: none"> mineração (1) indústrias tipos IB, IC e ID, de acordo com classificação da Lei Estadual nº 1.817/78 (2) 	<ul style="list-style-type: none"> indústrias tipos IA e IN, de acordo com classificação da Lei Estadual nº 1.817/78 		<ul style="list-style-type: none"> qualquer alteração de uso do solo rural para fins urbanos dependerá de prévia anuência do Inera e do órgão estadual responsável pela implantação da APA, e de aprovação pela prefeitura a delimitação de área para expansão urbana no interior da APA deverá ser objeto de anuência do Estado, via órgão responsável pela implantação da APA o parcelamento do solo para fins urbanos, aí incluindo-se as chácaras de recreio, e o uso industrial dependerão da anuência prévia do órgão responsável pela implantação da APA não será permitido o parcelamento do solo em terrenos cujas condições geológicas/geotécnicas não aconselhem edificações. Os loteamentos deverão atender, além de a legislação urbanística municipal e ao Plano Diretor, entre outros, aos seguintes requisitos: adequação ao zoneamento ecológico reserva de áreas para sistema de circulação, equipamentos urbanos e comunitários e espaços livres de uso público, em total nunca inferior a 50% do total da gleba loteada sistema viário adequado à topografia (buscando-se minimizar a necessidade de cortes e aterros), em curvas de nível, rampas suaves, com recobrimento primário, sistema de drenagem e coleta das águas pluviais e recobrimento vegetal de taludes sistemas públicos ou particulares de saneamento básico (água e esgotos), incluindo sistema de coleta e tratamento de esgotos, ou, quando se tratar de bairro rural, de fossas sépticas lotes mínimos de 5000 m² no caso de parcelamento para chácaras de recreio lotes de tamanho mínimo suficiente para o plantio de espécies nativas em pelo menos 20% da superfície do terreno, podendo ficar concentradas num só local as áreas de reserva legal
	Áreas urbanas de expansão urbana dos distritos de Itaquari da Serra e São Sebastião da Serra.	<ul style="list-style-type: none"> atividades ligadas ao turismo uso residencial chácaras de recreio 	<ul style="list-style-type: none"> atividades de apoio ao uso residencial de acordo com Plano Diretor Municipal, observada a área de expansão prevista no mapeamento 	<ul style="list-style-type: none"> indústrias de qualquer tipo, incluindo as extrativas e de mineração 		
	Áreas loteadas junto a Represa do Lobo.	<ul style="list-style-type: none"> uso residencial atividades de apoio ao uso residencial 	<ul style="list-style-type: none"> atividades ligadas a turismo e lazer, que não afetem reservatórios, fontes hidrominerais e demais recursos naturais 	<ul style="list-style-type: none"> abertura de novos loteamentos indústrias de qualquer tipo, inclusive as extrativas 		
	Áreas de chácaras de recreio e loteamentos isolados.			<ul style="list-style-type: none"> indústria de qualquer tipo, incluindo as extrativas de mineração 		

ZONA	CARACTERIZAÇÃO	DIRETRIZES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO			ESPECIFICAÇÕES DE MANEJO	DIRETRIZES GERAIS
		COMPATIVÉIS	PERMISSÍVEIS SOBRE CONTROLE	PROIBIDOS		
Uso Disciplinado ZUD	Áreas dotadas de componentes ambientais relevantes: aquíferos, mananciais, recursos minerais com potencialidade e fragilidade variáveis, passíveis de aproveitamento sob formas de uso e manejo compatíveis com sua vocação natural, com a manutenção permanente de sua capacidade produtiva e proteção daqueles componentes.		Nas ZUDs, zonas nitidamente rurais, poderão ser admitidos, sob certas condições, os seguintes usos: <ul style="list-style-type: none"> • mineração (1) • indústrias tipos IB, IC e ID (2) • chácaras de recreio • empreendimentos voltadas para o turismo local ou regional (3) 	<ul style="list-style-type: none"> • indústrias dos tipos IA e IN • queimadas 		<ul style="list-style-type: none"> • plantio em nível • consorciação e intercalação de culturas • proibição de queimadas, exceto colheita de cana-de-açúcar e restos culturais infestados por doenças e pragas • estrito controle do uso de agrotóxicos, fertilizantes e biocidas • proibição de indústrias dos tipos IA e IN • rotação de culturas e atividades • utilização de quebra-ventos • adubação verde orgânica • coexistência com espécies vegetais invasoras
Uso Disciplinado A ZUD A	Predominante nas regiões Norte e Sul, contendo aquíferos sob áreas de recarga, com solos areno-quartzosos e podzolizados; suscetibilidade à erosão de muito forte a forte; permeabilidade e drenabilidade de muito fortes a moderadas; fertilidade de baixa a muito baixa.	<ul style="list-style-type: none"> • reflorestamentos heterogêneos em mosaicos pluri-espaciais, com sub-bosque, integrados à criação animal em pastagens consorciadas e agricultura em bases orgânicas 			<ul style="list-style-type: none"> • controle de pragas e de doenças vegetais e animais por meios biológicos naturais e artificiais • técnica de "plantio direto" para preparo e cultivo dos solos • fertilização do solo por meio de adubos orgânicos, verdes e minerais moídos • uso da vinhaça limitado a até 100 m³/ha 	<ul style="list-style-type: none"> • terraceamentos em situações especiais • meios biológicos para recuperação de terrenos infestados por nematoides patogênicos, compactados e erodidos • equipamentos e máquinas agrícolas que provequem danos mínimos • criação animal em base etológica • admissão do corte raso nos reflorestamentos
Uso Disciplinado B ZUD B	Predominante nas regiões Centro-Leste e Noroeste, contendo aquíferos e mananciais, com latossolos e vermelho-amarelo; suscetibilidade à erosão moderada; permeabilidade e fertilidade de boas a moderadas.	<ul style="list-style-type: none"> • agricultura que enfatize culturas permanentes diversificadas, integrada à criação animal e reflorestamentos heterogêneos 			<ul style="list-style-type: none"> • manejo integrado de pragas e doenças vegetais e animais, permitindo-se como agrotóxicos apenas acaricidas específicos • técnica de "plantio direto" e "cultivo mínimo" • herbicidas de alta seletividade, baixo espectro de ação, baixa persistência no solo, pequeno deslocamento no ambiente e baixa toxicidade • criação animal com maiores níveis de lotação e pastejo que na ZUD A • permissão de fertilizantes minerais de baixa solubilidade • uso da vinhaça limitado a até 150 m³/ha 	

ZONA	CARACTERIZAÇÃO	DIRETRIZES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO			ESPECIFICAÇÕES DE MANEJO	DIRETRIZES GERAIS
		COMPATIVÉIS	PERMISSÍVEIS SOBRE CONTROLE	PROIBIDOS		
Uso Disciplinado C ZUD C	Manchas esparsas em todo o perímetro, contendo aquíferos e mananciais, com latossolos roxo, terra roxa estruturada e latossolos vermelho-escuro; suscetibilidade à erosão fraca; permeabilidade, drenabilidade e fertilidade de boas a moderadas.	Agricultura que enfatize culturas anuais diversificadas, integrada à criação de animais de pequeno porte, reflorestamento voltado ao sombreamento de culturas, quebra-ventos e conservação dos solos	Nas ZUDs, zonas nitidamente rurais, poderão ser admitidos, sob certas condições, os seguintes usos: <ul style="list-style-type: none"> • mineração (1) • indústrias tipo IB, IC e ID (2) • chácaras de recreio • empreendimentos voltados para o turismo local ou regional (3) 	<ul style="list-style-type: none"> • indústrias dos tipos IA e IN • queimadas 	<ul style="list-style-type: none"> • técnicas de "plantio direto" e "cultivo mínimo" para preparo e cultivo dos solos • manejo integrado de pragas e doenças, permitindo-se acaricidas e inseticidas específicos • herbicidas de alta seletividade, baixo espectro de ação, baixa persistência no solo, pequeno deslocamento no ambiente e de baixa a média toxicidade • criação animal nos mesmos níveis que na ZUD B • permissão de fertilizantes minerais de baixa a média solubilidade • uso da vinhaça limitado a 200 m³/ha 	<ul style="list-style-type: none"> • plantio em nível • consorciação e intercalação de culturas • proibição de queimadas, exceto colheita de cana de açúcar e restos culturais infestados por doenças e pragas • estrito controle do uso de agrotóxicos, fertilizantes e biocidas • proibição de indústrias do tipo IA e IN • rotação de culturas e atividades • utilização de quebra-ventos • adubação verde orgânica • coexistência com espécies vegetais invasoras • terraceamentos em situações especiais • meios biológicos para recuperação de terrenos infestados por nematóides patogênicos, compactados e erodidos • equipamentos e máquinas agrícolas que provoquem danos mínimos • criação animal em base etológica • admissão do corte raso nos reflorestamentos

NOTAS:

(1) Desde que atendidas exigências legais (EIA/RIMA/PRI), com anuência dos órgãos competentes, após análise criteriosa.

(2) Após análise criteriosa pelo órgão ambiental do Estado.

(3) Análise, caso a caso, pelo órgão responsável pela implantação da APA, a partir de EIA/RIMA.

PROGRAMAS ELABORADOS PARA O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (*TRANSCAD*) PARA CONEXÃO COM PROGRAMAS EXTERNOS

softwares utilizados:

TRANSCAD (sistema de informação geográfica) versão 2.1

TURBO PASCAL (linguagem de programação) versão 7.0

arquivos (que dizem respeito ao procedimento "PONTO ÓTIMO"):

PROCS.MNU Neste arquivo foram acrescentados os comandos que geram no menu "PROCEDURE" da tela do TRANSCAD a linha "LOCALIZAÇÃO" que define um ponto na rede.

[class]

PONTO ÓTIMO

ronaldo\LPO.CMD, "ENCONTRA O PONTO ÓTIMO"

LPO.CMD Este arquivo faz a ligação dos dados do TRANSCAD com o programa executável REDE.EXE. Através do LPO.CMD é gerado o arquivo LPO.TXT que mostra os itens selecionados numa *layer* de pontos.

set execution condition close database on;

set execution condition text mode on;

show message " INÍCIO DO PROCEDIMENTO";

#get filename text prompt "NOME DO ARQUIVO";

#choose fields current - datatypes all prompt "PONTOS";

pick itens 1-36 prompt "SELECIONE OS PONTOS";

dump selected attributes to "LPO.DAT"3

"ID" "LATITUDE" "LONGITUDE";

run procedure "ronaldo\LPO.EXE";

display files;

LPO.EXE Elaborado através do turbo pascal, este programa lê os pontos selecionados no *MAP DISPLAY* armazenados no arquivo LPO.TXT, relaciona-os com a matriz contida no arquivo LPO.DAT montando uma nova matriz de acessos/distâncias somente com os pontos selecionados. Em seguida monta a matriz de menor caminho e localiza o ponto ótimo.

LPO.TXT Arquivo gerado pelo LPO.CMD, mostra a sequencia de pontos selecionados na tela do *MAP DISPLAY* e a demanda de cada cidade (quando necessário a demanda de uma cidade deve ser alterada no *DATA EDITOR*).

LPO.DAT Este arquivo é gerado fora do *software*, representa todos os nós e ligações da rede em estudo, este arquivo não sofre modificações, como a montagem dos pontos na tela, é efetuado apenas uma vez.

LPO.XXX Arquivo de saída que registra todas as informações sobre o ponto escolhido.

Condições mínimas para a execução do procedimento “PONTO ÓTIMO”:

- layer de pontos;
- arquivo LPO.DAT (que é a matriz de acessos/distância da *layer* de pontos criada);
- estabelecer a demanda de cada cidade no *DATA EDITOR* do *software*.

obs.1: O ponto ótimo é gerado sobre os pontos selecionados (através da associação do arquivo LPO.DAT que representa a rede).

obs.2: Cada cidade em uma rede caracteriza um ponto, entre cada ligação devem ser criados os pontos intermediários dentro da precisão necessária. O programa LPO.EXE acha um ponto ótimo na rede somente nos pontos selecionados na *layer* de pontos do *software*.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DAS ABORDAGENS ELECTRE I E ELECTRE II

BASEADO EM: (FRICKE, G. T.; NOUR, E.A.A.; SINGER, E.M.(1989). Análise multicriterial da bacia do rio Piracicaba através das metodologias ELECTRE I e ELECTRE II. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15, Belém, 1989. *Anais*. v.2, p. 193-213.)

Análise: Alternativas x critérios

Critérios:

CT: custos de implantação e operação

PA: poluição da água

PS: poluição do solo

AR: poluição do ar

PE: possibilidade de expansão

RP: recuperação de produtos

PV: potencial de venda de materiais

P E S O S		10	8	9	7	5	7	6
Alternativas	Critérios	CT	PA	PS	AR	PE	RP	PV
localização 01		4	3	2	3	3	3	4
localização 02		3	3	4	4	4	2	3
localização 03		1	2	1	2	3	3	3
localização 04		1	1	1	2	2	2	2
localização 05		5	4	5	3	3	4	3
localização 06		5	4	5	2	4	4	2
localização 07		3	3	4	2	4	3	2

Matriz de Concordância, $C(i,j)$:

j	i						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0.596	1.000	1.000	0.346	0.250	0.731
2	0.558	-	0.865	1.000	0.346	0.346	0.865
3	0.231	0.250	-	1.000	0.212	0.250	0.385
4	0.000	0.135	0.500	-	0.000	0.250	0.250
5	0.885	0.769	1.000	1.000	-	0.904	0.904
6	0.750	0.750	0.885	1.000	0.750	-	1.000
7	0.558	0.750	0.885	1.000	0.096	0.346	-

Matriz de Discordância, $D(i,j)$:

j	i						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0.500	0.000	0.000	0.750	0.750	0.500
2	0.250	-	0.250	0.000	0.500	0.500	0.250
3	0.750	0.750	-	0.000	1.000	1.000	0.750
4	0.750	0.750	0.250	-	1.000	1.000	0.750
5	0.250	0.250	0.000	0.000	-	0.250	0.250
6	0.500	0.500	0.250	0.000	0.250	-	0.000
7	0.500	0.500	0.250	0.000	0.500	0.500	-

Gráfico de forte preferência (G_F) $p = 0.903$ e $q = 0.250$

Gráfico de fraca preferência (G_I) $p = 0.826$ e $q = 0.250$

Classificação Avante:

iteração t	Grupo C	Grupo A	Classificação v'
0	[1,2,5]	[2,5]	1
1	[1,6]	[1,6]	2
2	[3,7]	[7]	3
3	[3]	[3]	4
4	[4]	[4]	5

Classificação Reversa:

iteração t	Grupo A	Grupo A	Classificação Reversa v''
0	[4]	[4]	5
1	[2,3,7]	[3]	4
2	[1,2,7]	[1,7]	3
3	[2,6]	[2,6]	2
4	[5]	[5]	1

Classificação Final

Nó	1	2	3	4	5	6	7
v'	2	1	4	5	1	2	3
v''	3	2	4	5	1	2	3
v _{médio}	2.5	1.5	4	5	1	2	3
classificação	4 ^o	2 ^o	6 ^o	7 ^o	1 ^o	3 ^o	5 ^o

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L.; ORLIN J. B. (1993). *Network flows: theory, algorithms, and applications*. Printice Hall.

ANDRADE FILHO, M. G. (1986). *Modelo de otimização para o uso múltiplo da água do Rio São Francisco*. Campinas. Dissertação (mestrado)- FEC, UNICAMP.

BARBOSA, P. S. F. (1995). O emprego da análise multiobjetivo no gerenciamento de recursos hídricos brasileiros. *Água em Revista*, Belo Horizonte.

BARBOSA, P. S. F. (1997). O gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 32, n 1, p. 47-57, jan/mar.

BRAGA JÚNIOR, B.F. *et al.* (1991). Análise de Decisão Multiobjetivo: o Caso do Vale do rio Doce. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9, Rio de Janeiro, 1991. *Anais*. v.2, p. 501-510.

CALIPER (1992). *TRANSCAD - Transportation GIS software (User Guide)*.

CASTRO, M. C. A. A. (1996). *Avaliação da eficiência das operações unitárias de uma usina de reciclagem e compostagem na recuperação dos materiais recicláveis e na transformação da matéria orgânica em composto*. São Carlos. 113p. Dissertação (mestrado)- EESC, Universidade de São Paulo.

CESAR NETO, J.C. (1988). *Política de recursos hídricos: instrumento de mudança*. São Paulo, Pioneira/EDUSP.

COSTA, C. B. (1988). Introdução geral às abordagens multicritério de apoio à tomada de decisão. *Investigação Operacional*, v. 8, n. 1, p.117-139, jun.

LARSON, R. C.; ODONI, A. R. (1981). *Urban Operations Research*. Prentice-hall.

FRICKE, G. T.; NOUR, E.A.A.; SINGER, E.M.(1989). Análise multicriterial da bacia do rio Piracicaba através das metodologias ELECTRE I e ELECTRE II. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15, Belém, 1989. *Anais*. v.2, p. 193-213.

GALVÃO JUNIOR, A . C. (1995). *Aspectos operacionais relacionados com usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil*. São Carlos. 113p. Dissertação (mestrado)- EESC, Universidade de São Paulo.

GLOEDEN, E. *et al.* (1991). Proposta de uma metodologia de seleção de áreas para a instalação de um sistema de tratamento, reciclagem, incineração e disposição final de resíduos industriais perigosos (TDRP). ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3, Londrina, 1991. *Anais*. v.1, p. 595-607.

GOBBETTI, L.E.C.; BARROS, M.T.L. (1994). Análise Multiobjetivo Aplicada ao Planejamento de Recursos Hídricos. *Revista Latino Americana de Hidráulica*, n. 9, p.65-74, set.

HARRIS, VIRGINIA. (1992). *Análise multicriterial na determinação de sitios potenciais para aproveitamentos hidrelétricos reversíveis*. Campinas. 115p. Dissertação (mestrado)- FEC, Universidade Estadual de Campinas.

→ NOVAES, A.G. (1989). *Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos*. São Paulo. Editora Edgard Blucher.

PROPOSIÇÕES BÁSICAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA. (1978). IPEA, CNPU, CETESB.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria De Planejamento Ambiental. (1992). *Áreas de Proteção Ambiental do Estado de São Paulo - APAS - Propostas de Zoneamento Ambiental*. São Paulo.

→ SYSLO, M. M.; NARSINGH, D.; KOWALIK J. S. (1983). *Discrete optimization algorithms*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs.

SZIDAROVSKY, F.; GERSHON, M. E.; DUCKSTEIN, L. (1986). *Techniques for Multiobjective Decision Making in Systems Management*. Elsevier.

TABACZENSKI, R. R. (1995). *A utilização dos sistemas de informações geográficas para o macrozoneamento ambiental*. São Carlos. 140p. Dissertação (mestrado) - EESC, Universidade de São Paulo.

TOMMASI, L. R. (1994). *Estudo de impacto ambiental*. São Paulo, CETESB: Terragraph Artes e Informática.