

A ANÁLISE MULTICRITERIAL NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Luciana de Figueirêdo Lopes Lucena
lluc@zipmail.com.br

RESUMO

Este estudo, procura mostrar que os métodos de avaliação multicriterial podem ser utilizados na avaliação de impactos ambientais, uma vez que permitem a inclusão e mensuração de variáveis ambientais em seus modelos. Para tanto, foi realizado um estudo das principais técnicas de avaliação multicriterial, as quais foram definidas acima, culminando com a apresentação de um exemplo utilizando o ANP que procurou encontrar a melhor solução para a problemática do serviço de transporte intermunicipal de passageiros no estado da Paraíba, em particular da região polarizada pela cidade de Campina Grande. A tomada de decisão no citado exemplo, teve como base a avaliação, não apenas dos critérios econômicos, mas também os sociais, políticos e ambientais, demonstrando que as variáveis ambientais podem ser incorporadas aos mais diversos tipos de projetos através da utilização de métodos multicriteriais de avaliação de projetos.

1 - INTRODUÇÃO

Para satisfazer suas aspirações sócio-econômicas, o ser humano, através do desenvolvimento de algum tipo de atividade utiliza-se de um espaço físico, gerando assim efeitos sobre o meio-ambiente, efeito este que poderá incidir diretamente sobre as condições físicas e sócio-econômicas da população. Assim, estes efeitos decorrentes da implantação das atividades econômicas podem resultar em um ambiente equilibrado ou não, no último caso, acarretando impactos ambientais.

O estudo dos impactos ambientais está em evidência nos dias atuais. Portanto, todos os projetos de grande porte, sejam de construção civil como grandes estabelecimentos, obras de arte como pontes, bueiros ou projetos de transporte entre outros, têm obrigatoriamente de incluir em seu processo de planejamento uma avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implantação dos mesmos. Porém, a identificação e avaliação de tais impactos requer uma coleta e manipulação de dados muito grande, além de ser necessário a comunicação dos resultados aos tomadores de decisão, que muitas vezes não são especialistas em questões ambientais.

Pode-se perceber que a avaliação deste tipo de impacto pode ser onerosa e complexa. Entretanto, estudos realizados pela Comunidade Européia constataram que os custos em prevenção são inferiores aos custos decorrentes da contaminação e degradação do meio-ambiente. De acordo com dados do Banco Mundial, a valoração dos custos gerados por tratamento de doenças respiratórias, somente devido ao excesso de concentração de material particulado no ambiente, pode chegar a US\$ 1.5 bilhões anuais[ANTP,1995].

A inclusão destes impactos no processo de tomada de decisão, apesar ser uma tarefa complexa, uma vez que se trata de variáveis qualitativas e portanto não quantificáveis monetariamente com facilidade, é necessária. Como a dificuldade de consideração dos impactos ambientais nos modelos de avaliação de projetos tradicionais existe, pretende-se aqui mostrar que os modelos de avaliação multicriteriais, podem ser adequados à análise de projetos que incluam os critérios ambientais, sejam eles projetos sociais, de transporte, entre outros. Para tanto, faz-se uma revisão bibliográfica das principais técnicas de avaliação multicriterial, culminando com a apresentação de um exemplo

prático utilizando um dos modelos apresentado na revisão bibliográfica para avaliar uma tomada de decisão no setor de transportes, no qual se considera o aspecto ambiental.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As decisões nos diversos setores da sociedade vêm sendo tomadas tradicionalmente com base em um apenas um ou dois critérios, geralmente o econômico e/ou financeiro, através de técnicas monocriterais como, por exemplo, as de otimização da pesquisa operacional. Nestes tipos de métodos não é simples levar em consideração a presença e a importância de fatores subjetivos, sejam eles quantificáveis ou não, conduzindo muitas vezes à escolha de uma alternativa que não seria a mais adequada para atender as prioridades sócio-econômicas essenciais de uma comunidade.

Apesar da aparente inércia dos tomadores de decisão no início do século, de acordo com Zeleny (1982) citado por Rabbani, S.J.R. & Rabbani, S.R. (1996), tem-se experimentado, nos últimos tempos, um período de transformações nos padrões e valores não apenas dos seres humanos mas também no contexto da sociedade em geral. De acordo com o autor, a ideia de maximização está perdendo terreno, “mais” não é necessariamente o “melhor”.

Na década de 70, as pressões para reduzir os custos do governo e a busca pela preservação dos recursos naturais cada vez mais escassos, levaram os planejadores a procurar incluir no processo, tanto os fatores tangíveis (valores definidos monetariamente) como os intangíveis (qualidade ambiental, saúde, realização pessoal, entre outros) no intuito de tomar uma decisão mais racional em resposta às novas exigências da sociedade moderna [Rabbani, S.J.R. & Rabbani, S.R. ,1996].

A partir de tais necessidades e exigências crescentes, o pensamento multicritério de tomada de decisão começou crescer e tomar forma. De acordo com Bana (1993), citado por Schmidt (1995), no início dos anos 70, uma nova fase do processo de apoio à decisão começou a organizar-se em uma comunidade científica, antes dispersa, interessada pelo domínio do multicritério, a partir da Conferência de Outubro de 1972 na Universidade da Carolina do Sul, organizada por James L. Cochrane e Milan Zeleny.

Segundo Rabbani, S.J.R. & Rabbani, S.R. (1996), o avanço substancial das técnicas de tomada de decisão multicritério baseiam-se em métodos desenvolvidos na teoria de decisão (Teoria da Utilidade e o Processo de Análise Hierárquica), economia (Otimidade de Pareto, Função de Bem-Estar Social), estatística (Regressão Multivariada, Análise de Discrepância) e psicométrica (Medidas de Conjunto). De acordo com Saaty (1996/1997), as teorias como a de Utilidade e o Processo de Análise Hierárquica são algumas das poucas metodologias de decisão multicritério existentes, havendo ainda outras que o autor considera uma variação das mencionadas.

Atualmente, há uma forte tendência de esclarecer a opinião dos tomadores de decisão em todos os níveis do processo de planejamento nas organizações, quanto à importância da utilização de múltiplos critérios na análise de problemas complexos. O objetivo da tomada de decisão multicritério, atualmente, é identificar e selecionar o melhor curso de ação, quando se depara com um problema de decisão complexo que envolve objetivos múltiplos e até certo ponto conflitantes. Esta nova forma de encarar o

processo de tomada de decisão permite a consideração de diversos fatores relevantes que possibilitam uma análise mais detalhada das vantagens e desvantagens dos alternativos cursos de ação de um sistema. Dentre estes fatores, pode-se destacar os grupos envolvidos na tomada de decisão, bem como os interesses e critérios que movem cada um deles.

A escolha de um determinado curso de ação afeta os grupos envolvidos no processo decisório, de forma e intensidade diferentes para cada um deles. Destaca-se, portanto, a necessidade inerente de se considerar no processo todos os grupos de interesse, tanto os envolvidos direta ou indiretamente na tomada de decisão, quanto os grupos afetados pelo processo.

Todos os grupos de interesse, conforme supracitado, possuem conjuntos de interesses e critérios particulares a cada um. Estes critérios podem ser quantificáveis (tangíveis) como é o caso de valores monetários (tarifas, preço de imóveis, custos de capital, entre outros) ou não facilmente quantificáveis (intangíveis) no caso de ser difícil quantificá-los monetariamente (conforto, segurança, confiabilidade, entre outros). Em um sistema real, os grupos envolvidos se interagem existindo fortes interrelações entre os mesmos e os critérios que os governam. O surgimento dos métodos multicriteriais tornou possível a construção de modelos mais aproximados da realidade, considerando no processo decisório todas as interrelações necessárias à avaliação de alternativos cursos de ação.

De acordo com Saaty (1996/1997), um modelo de tomada de decisão multicriterial para traduzir eficientemente um sistema e conduzir à escolha da melhor alternativa deve ser simples de construção; adaptável tanto aos grupos quanto aos indivíduos; natural à nossa intuição e ao pensamento geral; encorajar a formação de compromisso e do consenso e não exigir uma especialização excessiva para comunicar e administrar.

Além destas características, a tomada de decisão multicriterial pressupõe o conhecimento de algumas informações como: pessoas e grupos envolvidos; objetivos e políticas; restrições; impactos; tempo-horizonte; influências e outros detalhes do problema a ser solucionado, como por exemplo o conjunto de alternativas, cuja escolha da melhor entre elas é o principal objetivo da tomada de decisão. Existem diversos modelos utilizados atualmente que utilizam estas informações, dentre os quais apresenta-se a seguir, os mais conhecidos.

2.1 – Critério de Pontos

O método do Critério dos Pontos permite levar em consideração a rentabilidade do empreendimento e os principais fatores significativos como por exemplo, os objetivos do projeto e principais impactos, sejam eles positivos e/ou negativos. Sua aplicação é dividida em três etapas. Na primeira etapa são identificados todos os fatores significativos do problema em questão. A etapa seguinte é composta da ponderação dos fatores segundo uma escala de valores e finalmente passa-se à etapa de montagem das tabelas, nas quais estão representados os pesos dos fatores além da pontuação atribuída a cada alternativa considerada em relação a cada fator.

2.2 – Método ELECTRE

Os métodos ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) desenvolvidos por Roy(1985) são em número de quatro e são considerados como métodos de subclassificação, baseados em relações de classificação binária, onde, pressupondo-se o conhecimento das preferências do decisor e a qualidade da avaliação pode-se admitir que uma ação a é tão boa, melhor ou pior que uma outra b . Tais métodos permitem a inclusão da incomparabilidade e da intransitividade em seu modelo. A seguir apresenta-se um destes métodos, o ELECTRE II.

O ELECTRE II baseia-se na ordenação de todas as ações, ou seja, na classificação dos elementos de um conjunto, conforme apresentado a seguir.

Sejam:

$A = \{i/i \in [a, \dots, n]\}$ conjunto de ações possíveis;

$K = \{j/j \in [i, \dots, n]\}$ conjunto de critérios;

$E = \{x/x \in [v, \dots, z]\}$ conjunto de estados.

Para cada estado corresponde-se uma escala, que atribui a cada elemento qualificações como: medíocre, passível, mediano, bom e muito bom, associadas a um conjunto numérico do tipo [0, 5, 10, 15 e 20]. A cada $j \in K$, corresponde um estado $x \in E$. Assim, para todo $a \in A$, existe uma aplicação $d(j, x, a)$ associado a um estado j , a qual é representada matricialmente em termos de uma matriz $Y_j(i)$, cujo termo geral representa o valor de um dos estados possíveis, as linhas são as ações possíveis e as colunas, os critérios de análise.

O conjunto de ações é então comparado e diz-se que uma ação a' domina uma a'' quando satisfazem a condições de concordância e discordância, as quais dependem do decisor e revelam o grau de rigor em admitir uma subordinação de uma ação sobre outra. Para tanto, definem-se os coeficientes de concordância e discordância que são os parâmetros através dos quais o decisor explicitará o seu grau de intransigência em relação as condições de dominância. Após estabelecidas as relações de dominância de uma ação sobre a outra, pode-se enfim ordená-las.

2.3 - Método AHP

O método AHP (Analytic Hierarchy Process) tem como base a representação de um problema complexo através da estruturação hierárquica do mesmo, objetivando priorizar os fatores na análise das diversas alternativas. Este processo segue quatro etapas básicas: estruturação hierárquica, comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema, princípio de priorização e sintetização de prioridades.

A etapa de estruturação hierárquica consiste da definição do objetivo global e decomposição do sistema em vários níveis de hierarquia. Esta estruturação possibilita a visualização do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema. A hierarquia é composta dos eventos e suas respectivas relações, podendo a mesma ser simples ou composta.

A hierarquia simples é formada por três níveis. O primeiro nível compõe-se de apenas um elemento, a meta ou objetivo geral. O segundo nível representa os critérios e o terceiro as alternativas, podendo estes dois últimos possuírem vários elementos.

A hierarquia complexa inclui: objetivo geral; fatores ambientais de ordem física, biológica, química e outros; critério geral incluindo fatores econômicos, sociais, políticos, tecnológicos e ideológicos; subcritérios relativos a cada critério; grupos que controlam os critérios e subcritério; objetivos dos grupos envolvidos; políticas ou fatores que exercem influência na tomada de decisão e planos alternativos.

A comparação por pares é realizada por um grupo de indivíduos com experiência sobre o problema em questão que representam os grupos de interesse. Esta, se constitui em um julgamento comparativo através da atribuição de pesos, onde se procura determinar a importância relativa de cada elemento de um nível hierárquico com relação a cada critério no nível imediatamente superior. Estes pesos são determinados por uma escala de julgamentos sugerida por Saaty variando de 1 quando os critérios são de mesma importância a 9 para importância absoluta de um critério sobre outro. Os mesmos representam a intensidade de domínio de um determinado elemento sobre outro. A partir destes, forma-se então a matriz de comparação paritária.

A comparação paritária é representada por uma matriz quadrada cujos elementos são os pesos atribuídos à comparação entre dois elementos A_i e A_j . Salienta-se que esta é uma matriz recíproca na qual todo elemento A_{ij} corresponde um $A_{ji} = 1 / A_{ij}$ e todo $A_{ii} = 1$.

A matriz apresenta uma inconsistência de julgamento quando $A_j \neq A_{ik}A_{kj}$ podendo esta inconsistência ser tolerável até um certo limite. A tolerabilidade da inconsistência desta matriz é determinada através de um índice denominado “Índice Randômico” que é fornecido por uma tabela e é função da dimensão da matriz de comparação.

Através da matriz de comparação, obtém-se o vetor de prioridade relativa por um autovetor que viabiliza a determinação do grau de importância dos elementos em cada nível hierárquico, sendo esta a fase de priorização dos elementos do sistema.

Passa-se a etapa de sintetização de prioridades com o objetivo de definir a prioridade global dos planos alternativos, através da multiplicação dos elementos da matriz de prioridades relativas destes planos, pelas prioridades relativas dos critérios.

2.4 – Método ANP

O Processo de Análise em Rede – “The Analytic Network Process” – ANP surgiu a partir de observações feitas pelo matemático Thomas L. Saaty na época em que o mesmo dirigiu projetos de pesquisa no Arms Control and Disarmament Agency em Washington - ACDA. Percebendo a falta de um procedimento sistemático que permitisse aos tomadores de decisão lidar com problemas complexos, sentiu-se a necessidade de criar um método que refletisse os benefícios, custos, riscos e oportunidades de um sistema, os quais foram denominados o Processo de Análise Hierárquica- AHP e a sua generalização, o Processo de Análise em Rede - ANP. Estas metodologias sistêmicas possibilitaram o envolvimento de relações entre grupos, interesses e alternativas no processo de tomada de decisão.

Saaty (1996) apresenta o ANP como uma estrutura mais abrangente para analisar decisões coletivas e sociais, salientando ainda que a interdependência dos elementos do modelo do tipo rede capturam melhor os efeitos complexos das relações existentes na sociedade humana, principalmente quando o risco e a incerteza estão envolvidos. Assim, o Processo de Análise em Rede pode ser utilizado em situações complexas como é o caso de problemas ambientais, de transporte, bem como em marketing, medicina, política e sociologia.

O processo metodológico do ANP baseia-se na forma pela qual os seres humanos percebem e estruturam um problema complexo. Inicialmente, a mente humana, quando confrontada com a complexidade de determinados sistemas, instintivamente os decompõe em suas principais partes (objetivos, critérios, alternativas, entre outros) e agrupa tais elementos em grupos segundo propriedades comuns. A tendência natural de lidar com estes grupos é compará-los, tarefa esta realizada diariamente em decisões simples inconscientemente, e então sintetizá-los chegando-se à determinação da importância relativa dos elementos envolvidos. Segundo Saaty (1996-1997), a utilização de escalas de medidas para capturar todos os tipos de relações e sintetizá-las no intuito de se tomarem as melhores decisões é justamente o maior poder do ANP.

Devido a sua natureza sistemática, o ANP é composto de etapas básicas comuns a todas as aplicações da metodologia, iniciando pela estruturação do modelo até chegar-se à síntese. Em resumo, pode-se afirmar que a aplicação do ANP à tomada de decisão é feita em quatro passos.

- *Estabelecimento de uma hierarquia de controle* governando as interações no sistema em estudo. Esta hierarquia permite levar em consideração os principais aspectos relacionados aos benefícios e custos, riscos e oportunidades do sistema. Para cada um dos critérios acima mencionados, forma-se um submodelo composto pelos principais componentes e elementos do sistema. Estes elementos devem constituir um conjunto homogêneo e estar de alguma forma relacionados ao componente correspondente. Necessariamente, deverá haver um componente cujos elementos são formados por um conjunto de alternativas, que devem ser comuns a todos os submodelos. Estabelecem-se também as relações de dependência entre estes elementos e as *ligações* entre os mesmos. Tais ligações podem ocorrer entre os elementos de um mesmo componente ou entre componentes distintos.
- *Julgamento dos elementos ou comparação por pares*, com relação aos critérios da hierarquia de controle e julgamento dos componentes, cujas prioridades serão utilizadas para auxiliar na síntese dos elementos. Nos modelos em forma de rede, que possuem conjuntos de componentes e elementos, são formados então dois conjuntos de comparações. O primeiro conjunto compara os componentes entre si em relação a um determinado critério de controle. A comparação dos elementos é realizada entre os elementos com relação a algum elemento em particular de acordo com um determinado critério de controle. Os julgamentos são introduzidos em uma matriz quadrada $A_{n \times n}$, cujos elementos representam a importância relativa de um elemento i sobre um elemento j . Estes elementos, denominados a_{ij} são representados pela razão w_i/w_j onde (w_1, \dots, w_n) são os pesos numéricos que refletem os julgamentos. Os elementos a_{ij} da matriz A_{ij} devem possuir as seguintes condições: a_{ij}

> 0 ; $a_{ii} = 1$; $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$; $a_{ij} = a_{ik} \times a_{kj}$ e podem ser obtidos a partir da Escala

Fundamental de Saaty. Através da matriz de comparações pode-se então obter um autovetor de prioridades, representando a prioridade relativa dos critérios.

- *Sintetização dos resultados* em uma supermatriz de blocos de interação entre os componentes. Cada coluna de um bloco é um vetor de prioridades que representa o impacto de um componente sobre os elementos no sistema. As interações da supermatriz são definidas com base nos critérios incluídos na hierarquia de controle. A supermatriz formada deve ser estocástica, ou seja, todas as colunas da matriz devem possuir como somatório o valor unitário, condição necessária para que se obtenham resultados limites. As prioridades finais da supermatriz são obtidas através da multiplicação desta matriz por ela mesma, tantas vezes quantas forem necessárias, até que se as colunas se estabilizem e se tornem idênticas em cada supermatriz. Salienta-se que será obtida uma supermatriz diferente para cada critério (benefício, custo, risco ou oportunidade). Os resultados da importância relativa das alternativas de cada supermatriz serão utilizados para deduzir o resultado final do modelo, que é obtido pela razão *benefício x oportunidade / custo x risco*.
- *Análise de sensibilidade dos resultados*, de forma a garantir que a modificação no julgamento de alguns elementos não influam no resultado final. Pode-se perceber que o objetivo final do ANP é priorizar as alternativas de forma a apontar a melhor.

3 – ANÁLISE MULTICRITERIAL E IMPACTOS AMBIENTAIS

Atualmente, quando se faz cada vez mais necessário a inclusão, nas análises, de efeitos ambientais das atividades econômicas, tem-se observado a dificuldade e complexidade de sua consideração devido à diversidade de impactos que podem ser causados pela interferência humana nos sistemas sócio-ambientais. Percebe-se, portanto, a necessidade de um processo de avaliação interdisciplinar, sistemático, reproduzível, organizado e uniforme, com uma estreita interação entre as suas diversas partes constituintes.

Acredita-se que os métodos de avaliação multicriterial podem auxiliar a inclusão das variáveis ambientais nos processos de tomada de decisão. A seguir, apresenta-se um exemplo prático acerca de uma tomada de decisão no setor de transportes, onde, a partir de um modelo de análise multicriterial pôde-se considerar igualmente os aspectos social, econômico, político e também o ambiental.

3.1 – Exemplo Prático

O modelo proposto tem como objetivo a melhoria do serviço de transporte intermunicipal de passageiros. A hierarquia de controle é formada por modelos de benefícios e custos aos quais estão relacionados os subcritérios político, econômico, social e ambiental. Cada subcritério relaciona-se a um submodelo correspondente. Tais submodelos são formados por componentes e elementos relativos a estes. No caso dos submodelos econômico e social, definiu-se como componentes os usuários, empresas de ônibus, operadores do transporte alternativo e poder público. As definições dos componentes e elementos para os submodelos econômico e social são descritos a seguir:

Usuários – Pessoas que tomam as decisões sobre a viagem e possuem como interesses principais a *segurança, acessibilidade, confiabilidade e conforto*.

Operadores do Transporte Alternativo – Os elementos deste componente incluem as *receitas, custos* e a própria *satisfação pessoal* que se reflete na condição de empregabilidade e rentabilidade que a atividade informal oferece.

Empresas de Ônibus – Para estas empresas seus principais interesses são as *receitas, custos* e a *qualidade* do serviço prestado.

Poder Público – Formado pelos órgãos gestores e governo estadual, federal e municipal. Foram propostas cinco alternativas para solucionar o problema em questão que são:

Alternativa A – Legalização ou Regulamentação do Transporte Alternativo – Salienta-se que existe uma diferença básica entre legalização e a regulamentação. A legalização é encarada apenas como uma espécie de alvará de autorização que, a partir da data de sua emissão, evita apreensões ou multas relativas às operações praticadas, enquanto que um estado de regulamentação supõe responsabilidades fiscais e normas de operação. A regulamentação deve abranger três aspectos: as características operacionais dos serviços, a qualificação dos operadores e a definição de infrações e penalidades, visando um maior controle do poder público sobre o setor, sem inibi-lo, porém estabilizando o número de transportadores legais.

Alternativa B – Restringir o Campo de Atividades dos Transportadores Alternativos – Prevê a coibição do transporte alternativo, procurando reverter possíveis posições favoráveis ao mesmo, e pode ser realizada através de fiscalização, ações judiciais, entre outros. Deve-se ressaltar que no caso desta alternativa ser a escolhida a fiscalização deve ser intensiva e séria, de modo que a atual situação de impunidade não permaneça.

Alternativa C – Implantar Programas de Qualidade e Marketing nas Empresas de Ônibus O objetivo desta alternativa é capacitar o sistema de transporte coletivo para competir com o crescimento do transporte alternativo, através da modernização das empresas, empregando programas de gestão de qualidade e também a utilização de estratégias de marketing para incentivar o aumento da utilização do ônibus, através da reeducação dos passageiros do transporte coletivo.

Alternativa D – Implantação de Frotas Mistas – Esta alternativa visa atender as exigências do mercado, através da implantação de linhas seletivas de ônibus, operação dos transportes coletivos utilizando microônibus, entre outros.

Alternativa E – Permanecer na Mesma Situação – Esta, é uma alternativa que deve sempre ser considerada em qualquer processo de planejamento, uma vez que as demais alternativas podem não ser satisfatórias e o melhor seria então, não modificar o sistema.

O submodelo político também é estruturado em forma de rede embora de forma diferente dos submodelos econômico e social. Para formá-lo, definiram-se como componentes os grupos envolvidos no processo e os alternativos cursos de ação que serão considerados para se alcançar o objetivo. Os grupos de interesse e as alternativas a serem utilizados nos submodelos políticos foram os mesmos usados nas redes econômica e social, ou seja, os grupos de interesse formarão um componente na rede com os seguintes elementos: poder público, usuários, operadores do transporte alternativo e empresas de ônibus e os elementos do componente poder público composto do conjunto de alternativas formarão o outro componente.

O subcritério de controle ambiental dos critérios de benefício e custo também teve como submodelo uma rede. Baseando-se nos conceitos de impactos ambientais causados pelo setor de transportes, definiram-se os critérios ambientais a serem utilizados no modelo.

Um primeiro critério considerado no submodelo ambiental constituiu-se da *poluição atmosférica*, através da emissão de gases (monóxido de carbono, chumbo, óxido de nitrogênio) e partículas sólidas. O aumento da emissão destes componentes nas proximidades dos pontos de parada podem comprometer a qualidade do ar nestas áreas, acarretando incômodos aos moradores não apenas com relação a doenças, como também levam a um aumento nos gastos de manutenção e limpeza de imóveis.

A *poluição sonora* (nível de ruídos), apesar de não possuir grande influência durante a viagem propriamente dita, porque ocorrem em rodovias externas ao perímetro urbano, é considerada no modelo, pois os pontos de embarque de passageiros ocorrem dentro dos limites da cidade.

Um último critério usado na formação da rede foi a *modificação no uso do solo*. A formação de pontos de parada de transporte alternativo promove algum tipo de alteração e algumas vezes levam mesmo à degradação no uso do solo.

Definidos os critérios, consideraram-se os mesmos como elementos do componente critérios e então partiu-se para a definição das alternativas que solucionam o problema. Por fazer parte de um modelo, as alternativas a serem consideradas devem ser iguais às dos demais submodelos, formando-se então a seguinte rede (Figura 1):

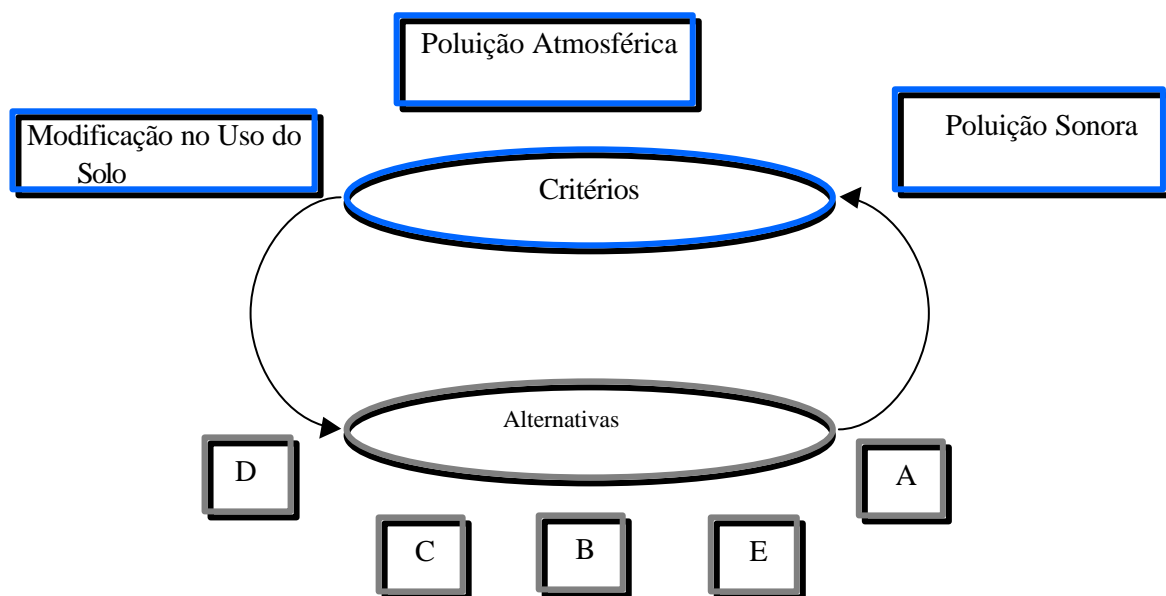


Figura 1 – Submodelo Ambiental - Rede de Benefícios ou Custos

A representação geral do modelo conterá dois critérios de controle em forma de hierarquia (benefícios e custos) e quatro subcritérios de controle (social, econômico, político e ambiental). Assim, têm-se, oito critérios de controle, com um submodelo em forma de rede. O modelo então, tomou a forma apresentada na Figura 2, em anexo.

3.2 – Resultados Obtidos

A aplicação do modelo foi realizada com auxílio do software Expert Choice Net 1.0, versão beta. Este software permitiu estabelecer a importância relativa dos elementos que

compõem o modelo. Inicialmente, sintetizou-se a hierarquia de controle para os modelos de *benefícios* e *custos*, através da derivação de prioridades obtidas a partir da atribuição de peso, nas matrizes de comparação paritária. As prioridades obtidas para a hierarquia de controle são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 1 – Síntese das Prioridades da Hierarquia de Controle dos Modelos

Fatores	Benefícios	Custos
Social	0,5275	0,3542
Ambiental	0,0499	0,0477
Econômico	0,3469	0,5236
Político	0,0757	0,0745

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar uma predominância do fator social sobre o econômico na obtenção de benefícios sociais, seguido pelos fatores político e ambiental. Tal predominância se deve a importância que as melhorias nos sistemas de transporte têm na promoção do bem-estar da sociedade, conforme ressaltado em congressos internacionais, como por exemplo o Habitat II, na Turquia em 1996. Por outro lado, o fator econômico é considerado o que maiores custos causam ao sistema devido à ocorrência de mudanças significativas na vida econômica dos grupos envolvidos relativos à alternativa escolhida. A seguir apresenta-se a sintetização para o submodelo ambiental.

Para determinar a importância relativa dos critérios deseja-se saber qual elemento dentro de um par de elementos é o mais importante na obtenção de benefícios ou custos ambientais considerando-se uma determinada alternativa e de quanto é esta importância. Os resultados da sintetização das prioridades dos critérios para os modelos de custos e benefícios são apresentadas a seguir. Pode-se perceber que o critério modificação no uso do solo possui uma maior prioridade (0,5820) no caso de benefícios e também no de custos (0,5222).

Tabela 2 – Sintetização das Prioridades dos Critérios dos Submodelos Ambientais

Critérios	Benefício	Custo
Poluição Atmosférica	0,2558	0,3023
Poluição Sonora	0,1622	0,1455
Modificação no Uso do Solo	0,5820	0,5222

A modificação do uso-do-solo é um impacto ambiental que influi diretamente no modo de viver de uma população; desta forma, para a obtenção de benefícios ambientais no alcance do objetivo dado o sistema em questão, o critério citado é considerado com uma maior prioridade. Salienta-se que a significativa importância dirigida ao critério explica-se por ser o sistema de caráter intermunicipal, não influenciando em uma quantidade elevada para a melhoria ou não das poluições atmosférica e sonora, enquanto que todos os pontos de parada se situam dentro dos perímetros urbanos, influenciando diretamente no preço e modo de utilização do imóvel.

O resultado da sintetização das prioridades relativas das alternativas para o submodelo ambiental aponta a proibição da frota informal (0,3917), como a alternativa prioritária para alcançar benefícios ambientais, dentro do contexto da melhoria do serviço de transporte intermunicipal. A escolha desta alternativa pode ser explicada por ser esta uma opção que diminuiria a poluição atmosférica e sonora pois, reduziria o número de

veículos trafegando nas vias, além de acabar com os pontos de parada evitando uma modificação no uso do solo que poderia ser negativa. Em seguida, vem a implantação de sistemas de gestão da qualidade, com uma prioridade de 0,3851, a implantação de frotas mistas e finalmente, a permanência da situação atual (Gráfico 1). Pode-se perceber que a diferença de prioridades entre as duas alternativas mais prioritárias é muito tênue e que a diferença de ambas com relação às demais é significativa.

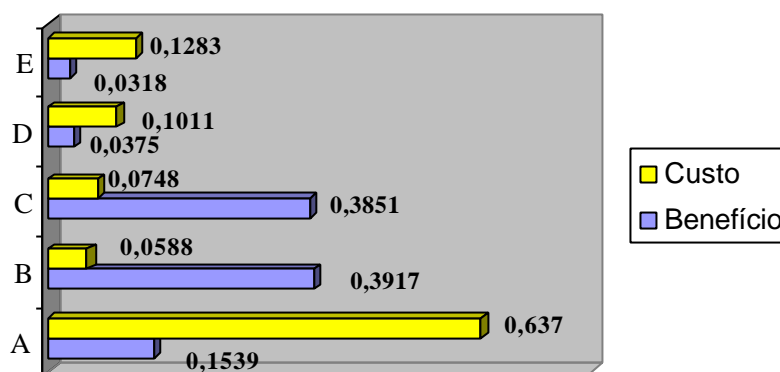


Gráfico 1 – Importância Relativa das Alternativas dentro do Contexto Ambiental

A sintetização do modelo de custos mostrou que a alternativa A - legalização do transporte alternativo é a alternativa que mais custos ambientais causa no sistema, com uma prioridade cerca de cinco vezes maior que a segunda alternativa, a permanência da situação atual, seis vezes maior que a implantação de frotas mistas, 8,5 vezes maior que a implantação de sistemas de gestão de qualidade e onze vezes maior que a proibição do transporte alternativo, conforme pode-se perceber pelo gráfico acima.

A tabela a seguir apresenta os resultados gerais para cada alternativa. A razão benefício/custo é mostrada para cada uma delas.

Tabela 3 - Razão Benefício/Custo

Alternativas	Benefício	Custo	Razão	Prioridade Final
A	0.2471	0.2702	0.9145	0,1670
B	0.1467	0.2584	0.5677	0,1037
C	0.2624	0.1344	1.9524	0,3565
D	0.2188	0.1680	1.3024	0,2378
E	0.1248	0.1688	0,7393	0,1350

Pode-se perceber na tabela anterior que a implantação de sistemas de gestão de qualidade nas empresas de ônibus foi a alternativa que obteve a maior prioridade para benefícios (0,2624), enquanto que a permanência da situação atual é a que apresenta menos benefícios. O valor atribuído para a alternativa E justifica-se pela pouca capacidade de gerência do poder público atualmente, pois o transporte alternativo está descontrolado na região, provocando uma concorrência destrutiva com as empresas de ônibus, desagradando tanto os organismos de governo, quanto empresas, operadores e os próprios usuários.

4 – CONCLUSÃO

Tendo-se em vista o que foi discorrido ao longo deste estudo, pode-se concluir que apesar da dificuldade da consideração de variáveis ambientais no processo de tomada de decisão de projetos de grande porte que envolvem uma complexidade elevada, devido a falta de mensuração adequada uma vez que se trata de variáveis qualitativas, os métodos multicriteriais de avaliação podem ajudar no processo, uma vez que utilizam-se de medições que permitem avaliar de maneira igualitária, tanto aspectos ambientais, como econômicos.

Pelo exemplo apresentado, de uma tomada de decisão no setor de transportes, percebe-se que apesar do fator ambiental não ser prioritário para a solução do problema em questão, foi possível, através da utilização de um modelo de análise multicriterial o ANP, incluir também o fator ambiental no modelo, de forma que as características relevantes ao problema em questão sejam consideradas e analisadas. Salienta-se que não se pretendeu aqui mostrar que o caminho mais eficiente de incorporação de variáveis ambientais seja a avaliação multicriterial e sim que a utilização de tais modelos podem ser de uma ajuda significativa quando houver dificuldade de incorporação de impactos ambientais.

5 – BIBLIOGRAFIA

- 1 - ANTP, *Seminário sobre Transporte Clandestino Urbano*, Revista dos Transportes Públicos, ANTP, nº 63, 1994.
- 2 - ARAÚJO, FERNANDA R.V., *Análise Custo-Benefício Incorporando Variáveis Ambientais: O Caso da Operação Rodízio em São Paulo*, Dissertação de Mestrado, PIMES-UFPE, Recife, 1997.
- 3 - LUCENA, LUCIANA F.L., *Uma Análise Sistêmica do Serviço de Transporte Intermunicipal de Passageiros*, Dissertação de Mestrado, CCT/UFPB-Campus II, Campina Grande, 1999
- 4 - OLIVEIRA, C e Rabbani, S.R., *Jitney – Surgimento e Evolução de um Transporte Alternativo*, Revista dos Transportes Públicos, ANTP, 1990.
- 5 - NTU, *Transporte Informal - Riscos de Não se Encarar o Problema de Frente*, 1997.
- 6 - RABBANI, S.J., S.R., RABBANI, *Decisions in Transportation With the Analytic Hierarchy Process*, Campina Grande, UFPB, 1996
- 7 - SANTOS, ELAINE FA, *Características Sociais e Operacionais do Transporte Informal no Distrito Federal*, dissertação de Mestrado, Departamento de Eng. Civil – Universidade de Brasília, Brasília, 1993
- 8 - SAATY, T.L., *Decision Making with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process (ANP and ECNET Software) Guide, Manual and Examples*, Pittsburgh-PA, 1996-1997
- 9 - SAATY, T.L., *Decision Making with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process*, Pittsburgh-PA, 1996
- 10 - SCHMIDT, ÂNGELA M. A, *Processo de Apoio à Tomada de Decisão: Abordagens AHP e Macbeth*, dissertação de mestrado, EPS/UFSC, Florianópolis –SC, 1995
- 11 - TÁVORA JR, JOSÉ LAMARTINE, *Uma Tentativa de Incorporação de Externalidades na Análise da Localização de Projetos*, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1994.

Objetivo

Melhorar o serviço de transporte intermunicipal de passageiros

Critérios de Controle

Benefícios

Custos

Subcritérios de Controle

Social

Político

Ambiental

Econômico

Submodelos

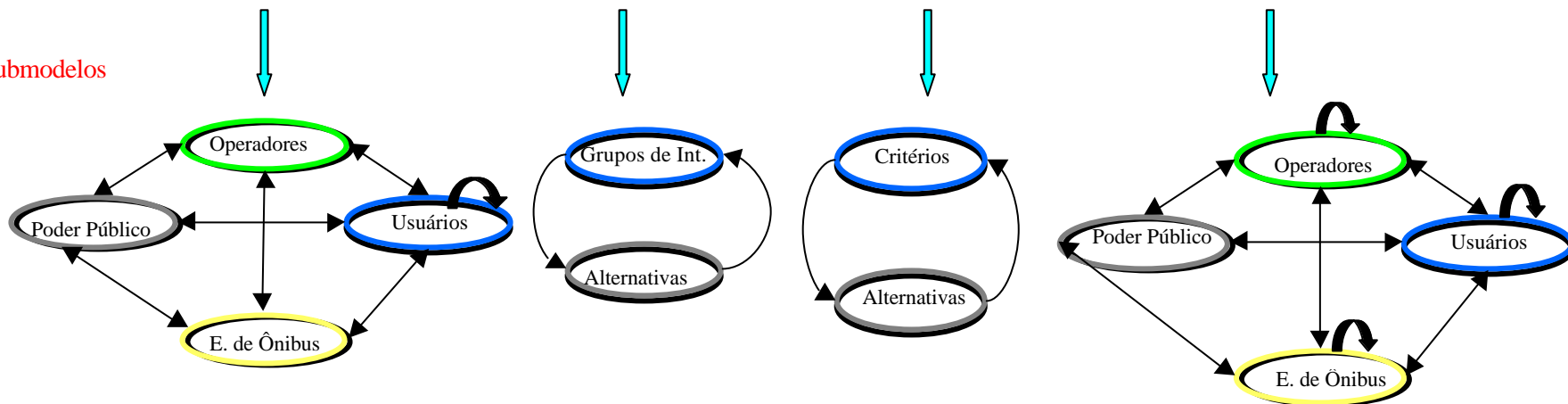


Figura 2 – Estruturação do Modelo do Sistema de Transporte Intermunicipal