

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

AVALIAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL A BACIAS HIDROGRÁFICAS
NO MEIO URBANO:
ANÁLISE DOS MÉTODOS AMORIM & CORDEIRO, PESMU E SWAT.

CÁSSIA DE ÁVILA RIBEIRO JUNQUEIRA

SÃO CARLOS
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

AVALIAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL A BACIAS HIDROGRÁFICAS
NO MEIO URBANO:
ANÁLISE DOS MÉTODOS AMORIM&CORDEIRO, PESMU E SWAT.

CÁSSIA DE ÁVILA RIBEIRO JUNQUEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação:
Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva

SÃO CARLOS
2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

J957aa

Junqueira, Cássia de Ávila Ribeiro.

Avaliação ambiental aplicável a bacias hidrográficas no meio urbano : análise dos métodos Amorim & Cordeiro, Pemu e Swat / Cássia de Ávila Ribeiro Junqueira. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

180 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Métodos de avaliação. 2. Políticas públicas. 3. Gestão ambiental. 4. Planejamento urbano. 5. Bacias hidrográficas. I. Título.

CDD: 711.42 (20^a)



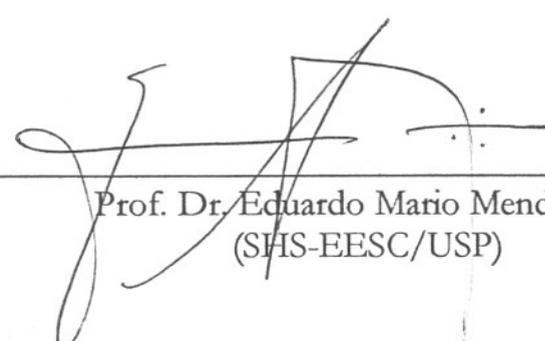
FOLHA DE APROVAÇÃO

CÁSSIA DE ÁVILA RIBEIRO JUNQUEIRA

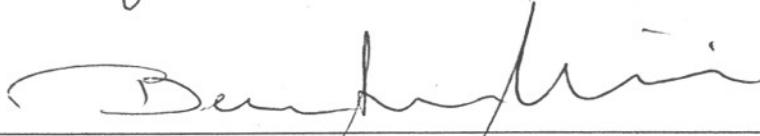
Dissertação defendida e aprovada em 28/02/2008
pela Comissão Julgadora



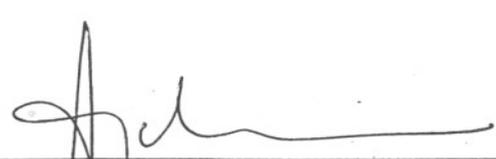
Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva
Orientador (DECiv/UFSCar)



Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiolo
(SHS-EESC/USP)



Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
(DECiv/UFSCar)



Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr.
Presidente da CPGEU

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ricardo Siloto, pelos seus conhecimentos transmitidos, apoio, confiança e orientação dispensados durante a elaboração deste trabalho.

Aos professores Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, Eduardo Mario Mendiondo e Marcelo Pereira de Sousa pela disponibilidade e sugestões valiosas.

Ao professor João Sérgio Cordeiro e a Lia Amorim pela disponibilidade, auxílios e incentivos na utilização do método Amorim & Cordeiro.

À professora Nancy B. Sammons pela importante contribuição no auxílio do desvendar do modelo SWAT e às referências indicadas.

À Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade de desenvolver a presente pesquisa.

À Fundação de Amparo a Pesquisa, pela bolsa de estudo fornecida.

Ao meu marido José Herbet, meu maior companheiro nesta jornada da faculdade, compartilhando todos os momentos, compreendendo as minhas viagens e sempre me incentivando.

Aos meus pais pelo incentivo aos estudos, além do apoio em todos os momentos difíceis por que passei.

Aos meus irmãos, Rogério e Thadeu, pelo apoio nas dificuldades e incentivo nos momentos decisivos.

**“MUDE SUAS OPINIÕES,
SUSTENTE SEUS PRINCÍPIOS; TROQUE SUAS FOLHAS,
MANTENHA INTACTAS SUAS RAÍZES”**

VITOR HUGO (1802-1885), ESCRITOR FRANCÊS

RESUMO

A pesquisa se propõe a identificar, sistematizar e avaliar 3 metodologias, aplicadas em bacias hidrográficas e desenvolvidas para o planejamento e gestão do meio urbano aliados às preocupações ambientais. Os métodos analisados são alguns métodos desenvolvidos na própria Universidade Federal de São Carlos como o PESMU e o AMORIM & CORDEIRO e uma modelagem matemática com o SWAT que faz interface com o software ARCVIEW. A metodologia da pesquisa foi desenvolvida a partir de diferenças e semelhanças quanto aos métodos que foram transformados em critérios de análises. Estes critérios foram selecionados priorizando o enfoque das condições que o método de avaliação deveria ter para dar suporte ao gestor. Por isso foram analisadas características como a confiabilidade, validade científica e a padronização e a acessibilidade dos dados para que ao aplicar em locais diferentes e com características distintas e mesmo assim pudesse haver uma comparação entre as respostas dos diversos casos. Os indicadores dos métodos também foram analisados para verificar o potencial de abrangência dos temas, a sua interpretabilidade e representatividade. Outros fatores também são de extrema importância para os gestores, como a facilidade de aplicação e o tipo de custo envolvido para a análise. A discussão dos resultados foi feita a partir de um texto crítico elencando aspectos positivos e negativos dos métodos avaliados, além de uma proposição para manutenção, eliminação ou alteração dos itens analisados e de uma sistematização das principais características de cada método. Perante a análise feita conclui-se que não há um método que seja o melhor e sim o mais adequado para cada situação, os métodos AMORIM & CORDEIRO e o PESMU possuem um enfoque mais global para o diagnóstico, entretanto o SWAT analisa mais a fundo as características físicas da bacia e se torna flexível na interface com o SIG. Os três métodos são complementares ao tratar de um meio complexo que é a bacia hidrográfica, pois a mesma contém informações físicas, biológicas e sócio-econômicas inter-relacionadas. Quanto maior o grau de complexidade da análise maior a eficácia, mas também aumenta o custo e o tempo de resposta, estas características sempre devem ser pensadas e ponderadas antes de escolher o método ou os métodos a serem aplicados em determinado local. Além de verificar os dados de entrada existentes para que a análise não se torne equivocada ou subjetiva.

ABSTRACT

The purpose of this research is to identify, systematize and evaluate three (3) methodologies applied to hydrographic basins and developed for the planning and management of the urban environment related to environmental concerns. The analyzed methods are some of the ones developed at the Federal University in Sao Carlos itself, such as PESMU and AMORIM & CORDEIRO, and a mathematical modeling with SWAT that interfaces with the ARCVIEW software. The research methodology was developed from the differences e similarities as for the used methods that were transformed in analysis criteria. These criteria were selected prioritizing the focus on the conditions that the evaluation method should offer to give support to the manager. For that reason, some characteristics, such as reliability, scientific validity, the standardization and accessibility of data were analyzed, so that, even when applied in different places, with distinct characteristics, there could be a comparison between answers in the different cases. The indicators of the methods were also analyzed to ascertain the range potential of the themes, their interpretability and representativeness. Other factors are also extremely important for managers, like application easiness and the type of cost involved in the analysis. The discussion about the results was carried out based on a critical text listing positive and negative aspects of the evaluated methods, besides a proposition of maintenance, elimination or alteration of the analyzed items, as well as of a systematization of the principal characteristics of each method. Before the performed analysis, the conclusion is that there is not a method that is the best one, but the most appropriate for each particular situation. While the AMORIM & CORDEIRO and PESMU methods have a more global focus for the diagnosis, the SWAT method analyzes the basin physical characteristics more deeply and becomes flexible in the interface with SIG. The three methods are complementary when it comes to that complex environment that is a hydrographic basin, since it contains interrelated physical, biological and social-economic information. The more complex the analysis, the greater the efficacy, but it also increases the cost and the response time, so all the characteristics should always be thought and pondered before the choice of the method or methods to be applied on a specific place. Besides, the existing input data should be checked so that the analyses do not become erroneous or subjective.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Impacto da urbanização na vazão máxima _____	32
Figura 2: Avaliação de impacto ambiental _____	37
Figura 3: Matriz de interação _____	42
Figura 4: Exemplo da matriz de Leopold _____	43
Figura 5: Rede de Interação _____	44
Figura 6: Arquitetura de sistema de informação _____	46
Figura 7: Sistema de suporte a decisão _____	47
Figura 8: Superposição de cartas _____	49
Figura 9: Avaliação e gerenciamento de riscos _____	53
Figura 10: Árvore de falhas para o exemplo do incêndio _____	55
Figura 11: Frente de Pareto _____	59
Figura 12: O modelo dentro das fases de um estudo _____	65
Figura 13: Processos Hidrológicos na escala do tempo e espaço _____	68
Figura 14: Classificação de modelos considerando as técnicas de resolução _____	69
Figura 15: Modelo de sistema de suporte à decisão para o planejamento no uso de recursos hídricos ____	70
Figura 16: Ocupação de fundo de vale por avenidas marginais e loteamentos (curso d'água não modificado). _____	76
Figura 17: Ocupação de fundo de vale por assentamentos informais (curso d'água não modificado). ____	76
Figura 18: Ocupação de fundo de vale por avenidas marginais e loteamentos (curso d'água canalizado).__	76
Figura 19: Ocupação de fundo de vale por edificações (curso d'água tamponado). _____	77
Figura 20: Ocupação de fundo de vale por áreas de lazer e áreas esportivas (áreas verdes). _____	77
Figura 21: Ocupação de fundo de vale pela mata ciliar na situação natural. _____	78
Figura 22: Esquema do histórico do SWAT, incluindo suas adaptações. _____	88
Figura 23: Sistematização do modelo SWAT _____	89
Figura 24: Fluxograma de processamento do SWAT _____	90
Figura 25: Janela de entrada dos dados climáticos no SWAT _____	91
Figura 26: Janela de entrada dos dados de solo no SWAT, para classe de solo e em cada horizonte ____	92

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1: Checklist - Estágios do Crescimento Urbano e seus Impactos Hidrológicos</i>	41
<i>Quadro 2: Guia classificatório dos modelos em Sistemas de Informações Geográficas</i>	48
<i>Quadro 3: Alguns modelos utilizados no gerenciamento dos recursos hídricos</i>	71
<i>Quadro 4: Áreas de atuação e modelos de recursos hídricos</i>	72
<i>Quadro 5: Ficha de Avaliação da ocupação de trechos de fundos de vale</i>	79
<i>Quadro 6: Matriz de Sustentabilidade Ecológica (urbanismo)</i>	83
<i>Quadro 7: Matriz de Sustentabilidade Ecológica (fluxos de água)</i>	84
<i>Quadro 8: Quadro Resumo</i>	85
<i>Quadro 9: Sistematização das análises destacando as principais características dos métodos.</i>	109

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 - INTRODUÇÃO	12
1.1 Perguntas de Pesquisa	16
1.2 Hipóteses	16
1.3 Objetivo	17
1.4 Justificativa	17
2 – BASE CONCEITUAL	18
CAPÍTULO 2.1: Urbanização brasileira	18
CAPÍTULO 2.2: Uso e ocupação do solo, planejamento e gestão urbana	23
CAPÍTULO 2.3: Sustentabilidade, Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentável.	26
CAPÍTULO 2.4: Uso Antrópico dos Elementos Naturais no Espaço Urbano	31
CAPÍTULO 2.5: Avaliação de Impacto Ambiental	34
CAPÍTULO 2.6: Diferentes Métodos de Avaliação Ambiental	38
2.6.1 Checklists	39
2.6.2 Matrizes de Interação ou de Impacto	42
2.6.3 Redes de Interação	43
2.6.4 Superposição de Cartas ou Overlay	44

	11
2.6.5 Biotestes _____	49
2.6.6 Análise de Valor de Uso _____	51
2.6.7 Análise de Riscos _____	53
2.6.8 Análise de Custo-benefício _____	55
2.6.9 Análise Multiobjetivo _____	58
2.6.10 Análise Multicritério _____	60
2.6.11 Modelos de Simulação _____	64
3 - OBJETOS DE ESTUDO _____	74
3.1 Métodos de Avaliação Ambiental Estudados _____	75
3.1.1 AMORIM & CORDEIRO _____	75
3.1.2 PESMU _____	81
3.1.3 SWAT _____	86
4 – MÉTODO DA PESQUISA _____	94
4.1 Critérios de análise _____	94
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	98
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	114
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	118
8- ANEXOS _____	130
8.1 ANEXO 1 – Entrevistas _____	130
8.2 ANEXO 2 - Fichas de Caracterização do Método PESMU _____	138
8.3 ANEXO 3 - Equações do Modelo SWAT _____	170

1 - INTRODUÇÃO

O interesse pelo tema advém da preocupação de se fazer planejamento urbano aliado às questões ambientais, dentro da perspectiva de que a formação das cidades é um processo complexo que lida com diversos tipos de situações contrastantes.

O crescimento populacional e a expansão territorial urbana não podem ser entendidos como um problema isolado, demográfico ou ambiental. As altas taxas de crescimento populacional, a expansão territorial ocupando um grande espaço geográfico e as conseqüentes questões ambientais são sintomas do processo de desenvolvimento econômico, baseados na industrialização e concentração urbana.

A reforma urbana deve ser feita a partir de projetos com uma ampla visão da sua contribuição no todo das cidades. Ao se ter os elementos ambientais como equipamentos urbanos que possuem funções urbanísticas para a qualidade de vida, vê-se a necessidade da integração dos recursos naturais no meio urbano.

O controle do uso dos recursos naturais, segundo Vieira e Weber (1997), *“surge como um dos componentes essenciais do processo de regulação das inter-relações entre os sistemas sócio-culturais e o meio ambiente biofísico”*. Uma destas etapas desse processo de regulação é o reconhecimento da bacia hidrográfica enquanto um sistema ecológico, que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto numa dada área e o entendimento de como os recursos naturais estão interligados e são dependentes, sempre com a perspectiva de uma melhora no relacionamento do homem com a natureza.

Dentro desta visão de gestão, a resolução do CONAMA 001/86 define e regulamenta os EIA – RIMA, Estudo e Relatório de Impacto Ambiental, que visam identificar e avaliar os impactos de um empreendimento, objetivando buscar alternativas para evitá-los e/ou para a adoção de medidas mitigadoras ou compensatórias. Assim, os estudos de impacto ambiental que abrangem pesquisas, tarefas técnicas e atividades como o diagnóstico ambiental, identificação e valoração dos impactos, definem essas medidas, monitoram os impactos, comparam alternativas e motivam à qualidade ambiental com a finalidade de conscientizar sobre as conseqüências ambientais de um projeto e da área de influência deste, auxiliando o gestor em políticas públicas para tomada de decisão.

Os métodos de avaliação ambiental compõem estes estudos para o cumprimento das atividades e é neste sentido que este trabalho se insere identificando, comparando e sistematizando alguns tipos de métodos existentes para que haja maior facilidade de acesso aos empreendedores e gestores de políticas públicas. Portanto, apesar da modificação do ambiente ser inerente à própria urbanização, torna-se imprescindível a busca de soluções que minimizem efeitos negativos e explorem positivamente características naturais da região.

As utilizações adequadas para os fundos de vale e as bacias hidrográficas como um todo são questões que não possuem respostas únicas. São porém critérios de ocupação que podem ser desenvolvidos e compreendidos tanto pelos planejadores e administradores da cidade, como pela população em geral. Preocupações acerca das ações antrópicas sobre o meio ambiente serão trabalhadas nesta pesquisa dentro dos métodos de avaliação ambiental.

A pesquisa parte de uma introdução contextualizando o trabalho, com questionamentos e hipóteses sobre o assunto a ser estudado, deixando claro o objetivo e a justificativa deste. Em seguida, foi feita a base conceitual partindo de uma visão macro dentro do urbanismo e o planejamento urbano até chegar nos métodos de avaliação ambiental, foco deste trabalho.

No capítulo 2.1 foi dado um panorama do processo de formação das cidades, que se iniciou de forma espontânea transformando a paisagem natural e trazendo vários problemas urbanos, como a segregação sócio-espacial, a extensão das periferias, agressões profundas ao meio ambiente e outros, ressaltado por Oseki e Pellegrino (2004) a problemática da anulação do espaço livre.

Prosseguindo a linha da formação das cidades, foi discutido como se deu a urbanização brasileira e as diversas relações entre campo e cidade, a relação exploratória da nossa colonização (SINGER, 1998), a divisão de poderes (BRAUDEL, 1997), o “arranjo” no processo de industrialização sem reforma agrária (MARICATO, 1996) e o rápido crescimento urbano (SANTOS, 1996), a necessidade do capital no espaço urbano (ROLNIK, 1992), a especulação imobiliária na dominação sócio-espacial e a problemática dos vazios urbanos (MANFREDINI, 2005) e mais atualmente o “boom” dos condomínios

residenciais fechados. Dentro deste diagnóstico viu-se a importância de discutir planejamento e gestão urbana.

Assim, no capítulo 2.2 foram expostos os trâmites e preocupações acerca de uso e ocupação do solo, planejamento e gestão urbana. Devido ao sistema economicamente concentrador e espacialmente segregador, os usos conflitantes (BRAGA e CARVALHO, 2004), a falta de um plano de zoneamento (FIGUEIREDO, 2002) e a necessidade de regulamentação para a expansão urbana adequada. Algumas medidas legais foram tomadas como a Constituição Federal 1988, o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor entre outros. Entretanto, as ações ainda são feitas com caráter imediatista, sem planejamento, e a cidade continua sendo um “laboratório de tentativa e erro, fracasso e sucesso” (JACOBS, 2000).

No capítulo 2.3 foram conceituados e contextualizados os processos de sustentabilidade, ecodesenvolvimento (ROMERO, 1992) e desenvolvimento sustentável (Relatório de Brundtland). Foram expostas as preocupações da Declaração de Berlim e mostrada a importância da Agenda 21, à qual incorpora e alia os termos desenvolvimento e meio ambiente, selecionando critérios estratégicos e indicadores para monitoramento da situação ambiental a partir de metas. A relação com o tempo no processo de sustentabilidade também foi desenvolvida por autores como Sachs (1994), Bastemeijer, Wegelin & Brikke (1998) e Lacy (1997), Silva e Teixeira (1999). O processo de globalização, a interligação do mundo ecologicamente e a fragmentação social foram aspectos discutidos por (IANNI,1998; ACSELRAD,2001 e OSEKI e PELLEGRINO, 2004).

No capítulo 2.4 foi abordado o uso antrópico dos elementos naturais no espaço urbano, obtendo como foco principal as áreas de fundos de vales, micro-bacias urbanas e os efeitos da ocupação desordenada neste meio. Esta discussão baseou-se nos seguintes autores: Vaz Filho & Cordeiro (2000), Costa Junior (2003), Rogers (2001) e Lima (2003).

No capítulo 2.5, tratou-se da Avaliação de Impacto Ambiental, implantada no Brasil, através de desdobramentos de projetos da década de 70 e da Conferência de Estocolmo, como um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938/81, a qual tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento sócio-

econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Este instrumento trouxe consigo, o licenciamento ambiental, o zoneamento ambiental, estudos de impactos ambientais e métodos e técnicas de avaliação ambiental. Estes instrumentos e conceitos foram discernidos por Ibama (1995), CONAMA 001/86, Lei 6.938/81 e Macedo (1995). Steinemann, (2001) e Oliveira (2004) explicam a diferença conceitual e prática entre Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e Avaliação Ambiental Estratégica (AEE) e, finalizando, Sanches (1995) mostra a importância do envolvimento público no processo decisório.

O Capítulo 2.6 trata da evolução dos métodos de avaliação ambiental. Os principais métodos empregados em planejamentos ambientais foram listados e descritos por diversos autores (SURHEMA, 1992; IBAMA, 1997; SALVADOR, 2005; LA ROVERE, 1992; TOMMASI, 1994; MILLER, 1994; Pablo *et al*, 1994; SANTOS *et al*, 1998; CHRISTOFOLETTI, 2004; ROSA, 2003; BERRY, 1995; IAP, 1997; GOLDSTEIN e ZAGATTO, 1991; GOLDSTEIN, 1988; KNIE e LOPES, 2004; METCALF e EDDY, 2003; KIRCHHOFF, 2004; GENERINO, 2001; MOTTA, 1995; BROSTEL, 2002; REIS, 2006; MAYSTRE, PICTET e SIMOS, 1994; BRANS e VINCKE, 1986; TUCCI, 2005; SINGH, 1995; MENDIONDO E TUCCI, 1997; ONGLEY, 1997; AVOGRADO & MINCIANDI, 1996; PEREIRA, 2004; FITZPATRICK e IMHOFF, 2001) podendo ser reunidos em várias abordagens: *ad hoc*, checklists, matrizes, redes de interações, modelos de simulação, biotestes, análise de valor de uso, análise de riscos, análise de custo-benefício, análise multiobjetivo, análise multicritério e análise espacial (overlays), utilizados em auxílio à tomada de decisão.

Para o objeto de estudo foram selecionados alguns métodos desenvolvidos na própria Universidade Federal de São Carlos como o PESMU e o AMORIM & CORDEIRO e o modelo de simulação hidrológica SWAT que faz interface com o ARCVIEW para a sua análise espacial, sendo que todos estes métodos foram aplicados em bacias hidrográficas e possuem caráter expedito.

A metodologia da pesquisa foi desenvolvida a partir de uma adaptação dos critérios de análise métodos e indicadores ambientais, em FIDALGO (2003), utilizados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Esta adaptação priorizou variáveis que analisassem a acessibilidade, a interpretabilidade e a confiabilidade dos métodos e seus

indicadores para que melhor auxiliassem na tomada de decisões em políticas públicas, dentro da visão da capacidade de suporte dos recursos naturais em um ambiente urbano. Os critérios selecionados foram: Confiabilidade, validade científica e padronização dos dados de entrada; Exatidão Temporal e capacidade de representar a evolução e a dinâmica do ambiente; Representatividade dos temas e relevância; Facilidade de aplicação e custo; Forma de determinação dos indicadores e a inter-relação entre os fatores e Acesso ao banco de dados

Em seguida, foi feito um texto crítico listando aspectos positivos e negativos dos métodos avaliados, além de uma proposição para manutenção, eliminação ou alteração dos itens analisados e uma sistematização dos resultados para todos os componentes, que foram objeto de análise do estudo.

1.1 Perguntas de Pesquisa

A pesquisa é guiada por duas questões centrais:

- Quais condições que o método de avaliação deve ter para dar suporte ao gestor, na tomada de decisões, em políticas públicas urbanas?
- Quais as diferenças e semelhanças entre os métodos de avaliação ambiental?

1.2 Hipóteses

A hipótese central parte do pressuposto de que não há um método específico que poderá ser utilizado em todos os momentos. Em cada situação terá que ser feita uma análise de qual método será o mais apropriado, sabendo que com a combinação de métodos há uma melhora na eficiência destes. Entretanto aumenta sua complexidade, tempo de execução e em alguns casos também o custo de aplicação. Por isto, a relevância de se ter um trabalho com estes métodos sistematizados.

As diferenças e semelhanças preliminares são: facilidade de aplicação, eficiência, custo, os parâmetros ou indicadores, o tipo e o local de aplicação, a

complexidade, a forma de determinação de critérios e a inter-relação entre os fatores. Ao analisar estes aspectos haverá uma maior facilidade ao gestor para a escolha do método a ser utilizado, ou então, haverá ao menos um alerta para quais detalhes atentar para a escolha e aplicação destes, como por exemplo, a fonte de dados existente e os dados necessários para a aplicação.

1.3 Objetivo

Analisar três métodos de avaliação ambiental identificando semelhanças e diferenças entre estes, buscando condições para dar suporte ao gestor na tomada de decisões. Para isto, foram selecionados métodos que obtinham caráter expedito, acessíveis, de fácil manipulação, e que apresentassem resultados de boa confiabilidade para suporte de tomadas de decisões no âmbito da política pública.

1.4 Justificativa

A justificativa desta pesquisa se dá pela quantidade de métodos de avaliação ambiental existentes e as variadas características e qualidades destes. Tornando-se um produto de difícil acesso aos empreendedores e gestores de políticas públicas, devido ao número de propostas para escolhas destes sem um conhecimento prévio e o alto custo, quanto aos softwares desenvolvidos e o tempo elevado para uma maior precisão das avaliações. A identificação, sistematização e avaliação destes métodos auxiliarão as administrações municipais em seu planejamento e tomada de decisões.

O levantamento de dados, a sua sistematização e a análise constituem em base necessária para o estudo de problemas ambientais no meio urbano e para o estabelecimento de políticas e programas que norteiem uma provável ocupação de projetos urbanísticos, de forma a compatibilizar as necessidades da sociedade com a capacidade de suporte dos elementos naturais do meio, considerando que a capacidade de suporte ecológico seja a máxima população que pode ser sustentada indefinidamente em um dado habitat sem danificar permanentemente o ecossistema (REES, 1990).

O fato de se trabalhar métodos de avaliação ambiental aplicados em bacias hidrográfica é de extrema importância. Pois estas bacias podem ultrapassar as fronteiras de um município estabelecendo uma grande dificuldade aos gestores de administrar um recurso escasso e fundamental que é a água.

2 – BASE CONCEITUAL

CAPÍTULO 2.1: Urbanização brasileira

O processo de formação das cidades se deu de forma espontânea, transformando a paisagem natural sem a preocupação de que a humanidade seria dependente dela. Como conseqüências, surgiram varias espécies de problemas urbanos como a segregação sócio-espacial, a extensão das periferias formando cidades ilegais dentro da cidade legal, agressões profundas ao meio ambiente e outros.

Essa anulação do espaço livre da cidade por parte da população resulta em uma desvalorização de sua paisagem e em crescente alienação ambiental no espaço urbano, trazendo como conseqüência a impossibilidade de pensar o espaço, a cidade e o ambiente como totalidades abertas, ainda que carregadas de conflitos. Como resultado, generaliza-se uma indiferença entre os habitantes e os espaços cotidianos deteriorados. (OSEKI E PELLEGRINO, 2004)

Muitos trabalhos são conduzidos buscando a compreensão sobre o papel estruturador das atividades econômicas e comerciais na formação das cidades. Por exemplo, de acordo com Braudel (1997): “... *não há cidade sem divisão obrigatória do trabalho e não há divisão do trabalho um pouco avançada sem a intervenção de uma cidade...*”.

O autor ainda aponta algumas características essenciais das cidades:

“... todas as cidades falam uma mesma linguagem fundamental: o diálogo ininterrupto com o campo, necessidade primordial da vida cotidiana; a presença das pessoas, tão indispensável como a água

para a roda do moinho; o orgulho citadino, o desejo de as cidades se distinguirem umas das outras; a sua articulação com os seus arrabaldes e com outras cidades”.

A partir desta ótica podemos analisar a urbanização brasileira e a sua relação com o campo.

Segundo Singer (1998), para analisar campo e cidade ao longo de um período histórico é necessária a substituição do critério formal de avaliação por uma noção mais ampla e multiforme: tratando simultaneamente política e economia, partindo de uma divisão de poderes e de atividades entre campo e cidade.

Admitindo que o poder político nacional e regional possui uma base urbana, o uso de aparelho administrativo e de forças armadas reúne em um mesmo local um corpo de funcionários, civis e militares que “criam” a cidade. Já no campo o poder político é descentralizado, há um poder local de quem detém a terra.

Neste sentido, campo e cidade se distinguem pela natureza de poder. A cidade domina politicamente o campo, impondo-lhe sua autoridade e lei, recebe um fluxo de recursos do campo, geralmente na forma de tributos, servindo de sustento a uma parcela da população urbana.

Na medida em que a economia urbana exclui o contato direto com a natureza, a cidade não pode ser economicamente auto-suficiente, dependendo do campo para a sua subsistência. Entretanto, o campo só depende da cidade quando há certo grau de especificidade das atividades que nele se desenvolvem.

Devido ao tipo de colonização brasileira (exploratória), as atividades do campo eram em busca de excedente, como todas estas atividades eram extrativas ou agrícolas, o campo estava diretamente afetado a esta situação e as cidades totalmente estéril, não se havia estabelecido uma verdadeira divisão do trabalho entre campo e cidade. Esta absorvia uma parte do excedente extraído pelo campo, mas nada lhe fornecia em troca que tivesse valor econômico.

Porém, a cidade desempenhava um papel estratégico não apenas na manutenção do sistema de exploração, mas também na repartição do excedente. A parte da

coroa era coletada por um sistema fiscal de base urbana e o resto era dividido entre mercadores de posições monopolistas e a Igreja.

Com o surgimento das fazendas latifundiárias, há uma reorganização da economia com uma vida comercial mais ampla, pela comercialização do excedente movimentando o mercado externo e o interno. Começa a surgir nas cidades, uma nova classe de comerciantes, financistas e transportadores, tornando-as centros importantes de redistribuição de mercadorias em diferentes regiões da mesma colônia, havendo uma predominância da cidade sobre o campo.

O processo de urbanização/industrialização se consolida a partir de 1930, impulsionado pela Revolução Industrial e 1ª Guerra Mundial quando os interesses urbanos industriais conquistam a hegemonia na orientação da política econômica sem, entretanto, romper com relações arcaicas de mando baseado na propriedade fundiária. É importante destacar essa característica do processo social brasileiro: industrialização sem reforma agrária, diferentemente do que ocorrera na Europa e nos Estados Unidos. Nestes, a industrialização foi acompanhada de rupturas na antiga ordem social. Entre nós, predominou certo “arranjo”, uma acomodação por cima como ocorrera em outros momentos importantes na história do país: Independência (1822), Constituição de 1824, Lei de Terras de 1850, "Libertação" dos escravos em 1888 e Proclamação da República em 1889. (MARICATO, 1996).

Neste momento a população urbana cresce rapidamente, segundo Santos (1996), a variação da população total no Brasil entre as décadas de 40 e 50 é de 25,69%, já a população urbana é de 72,46% mas em números absolutos a população urbana era menor que a população rural do País. Os anos 60 e 70 marcam um significativo ponto de inflexão, onde os dois números se aproximavam. E nas décadas de 70 e 80 o crescimento numérico da população urbana já era maior que a população rural. Assim, o processo de urbanização conhece uma aceleração e ganha novo patamar tanto no ponto de vista quantitativo quanto no qualitativo. Entre 1940 e 1980 o Brasil cresceu, economicamente, a taxas muito altas (crescimento do PIB equivalente a 7% ao ano) e, embora a riqueza gerada por esse crescimento tenha sido muito mal distribuída, ainda assim proporcionou melhora de vida a grande parte da população, além de resultar em uma respeitável base produtiva.

Ao observar os dados e a evolução do uso e ocupação do solo, a qual assume uma forma discriminatória (segregação da pobreza e cidadania restrita a alguns), e ambientalmente predatória, fica evidente que o fenômeno de urbanização provocou o agravamento do histórico quadro de exclusão social tornando mais evidente a marginalização e a violência urbana que, atualmente são motivos de grande apreensão, tanto para moradores e usuários, quanto para os governos das cidades.

Com isso, pode-se identificar que a mudança de atividades econômicas provocou uma grande concentração da população nas cidades implicando uma urbanização aglomerada com o aumento do número dos núcleos com mais de 20.000 habitantes e em seguida uma urbanização concentrada com a multiplicação de cidades de tamanho intermediário, para se alcançar depois o estágio da metropolização.

As já densas e grandes cidades se expandiram formando regiões metropolitanas, com extensas periferias ocupadas por população pobres, as quais foram expulsas das áreas centrais ou atraída de outros pontos do território brasileiro em busca de trabalho, renda e acesso a bens, serviços e equipamentos urbanos. Os moradores das periferias continuam desprovidos de infra-estrutura básica, a cada dia mais distante dos centros urbanos e ainda têm que enfrentar, em seus obrigatórios deslocamentos para as áreas centrais, o insuficiente e caro sistema de transporte.

Os locais em que esta expansão se deu de maneira imprevista, que foi o caso da maior parte das primeiras cidades industriais e da maior parte das cidades brasileiras, a falta de planejamento e ordenamento às novas demandas que surgiam culminaram em uma realidade excludente. Isto ocorre, segundo Manfredini (2005), porque o mercado de imóveis na dominação do sócio-espacial por parte das classes sociais economicamente abastadas sobre aquelas menos favorecidas concentrando suas ações sobre o poder representado pelos interesses de manutenção e evolução do capital e do posicionamento do cidadão na sociedade urbana e, tendo como oportunidades à necessidade de apropriação de terras no contexto urbano e as relações consumistas cada dia mais presentes nas sociedades capitalistas.

Segundo Rolnik (1992), como o capital é o investimento do qual o espaço urbano necessita, a “pressão” da classe capitalista sobre o Estado se dá no sentido de beneficiar a maximização da rentabilidade e retorno de investimentos.

Isto evidencia a forma de expansão por vazios urbanos, traduzida como uma forma não seqüencial de ocupação dos espaços, destinando estas terras à especulação imobiliária. Ou seja, os proprietários de glebas retêm sua urbanização e/ou comercialização visando valorização futura, recebendo benefícios diretos pela implantação de infraestrutura, em face de sua transposição. (MANFREDINI, 2005).

De acordo com Maricato (2000), o fator responsável pela configuração da realidade urbana atual das cidades brasileiras não foi apenas a falta de planejamento, mas sim a falta da participação popular:

“Não é por falta de Planos Urbanísticos que as cidades brasileiras apresentam problemas graves. Não é também, necessariamente, devido à má qualidade desses planos, mas porque seu crescimento se faz ao largo dos planos aprovados nas Câmaras Municipais, que seguem interesses tradicionais da política local e grupos específicos, ligados ao governo de plantão”.

No mesmo artigo a autora faz uma reflexão em que fica evidenciada como principal causa da realidade caótica das grandes aglomerações urbanas no Brasil o distanciamento entre a teoria do planejamento e a intervenção prática na construção do ambiente urbano.

Mas a conclusão extraída deste texto descrito por Maricato (2000) em referência ao trabalho de Lefebvre (1969), é que a principal consequência desta realidade foi a exclusão da população ao direito à cidade restando a possibilidade à população ocupar as áreas que o mercado imobiliário não tinha interesse ou que apresentavam restrições legais ao uso, acarretando em uma configuração desprovida de infra-estrutura.

Dentre as principais consequências da falta de alternativas de moradias legais (ou seja, reguladas pela legislação urbanística e inseridas na cidade oficial) está a agressão ambiental. A ocupação de áreas ambientalmente frágeis – beira de córregos, encostas deslizantes, várzeas inundáveis, área de proteção de mananciais – é a alternativa que sobra para os excluídos do mercado e dos insignificantes programas públicos.

O primeiro passo para começar a mudar esse rumo é tirar as instituições e a sociedade do “analfabetismo urbanístico” e criar a consciência da dimensão dos problemas que estão sendo produzidos por esse crescimento urbano sem regulação pública e socialmente desigual.

CAPÍTULO 2.2: Uso e ocupação do solo, planejamento e gestão urbana

A criação de novos núcleos urbanos e o inchaço demográfico nesta fase de explosão do processo de urbanização fez com que houvesse uma expansão do espaço físico de uma forma desordenada deteriorando o meio ambiente e modificando a paisagem urbana. Isto desencadeou em um sistema economicamente concentrador e espacialmente segregador. Conseqüentes da especulação imobiliária, os vazios urbanos resguardam áreas junto a núcleos centrais, enquanto que, zonas mais distantes com infra-estrutura mínima eram apropriadas por classes sociais mais baixas.

Sendo assim, o problema da acessibilidade tornou-se um fator vital na produção das localizações. Favelas e loteamentos ilegais emergiram por se beneficiarem das facilidades relativas à proximidade dos serviços, ocupando áreas ambientalmente frágeis e impróprias à habitação. Neste sentido, vê-se a necessidade de uma regulamentação para a expansão urbana adequada e, em conseqüência disto, alguns instrumentos são utilizados para que haja um uso e ocupação do solo adequado como o Zoneamento Urbano, a Constituição Federal 1988, o Estatuto da Cidade, entre outros.

Segundo Braga e Carvalho (2004), com o crescimento da cidade, os usos tendem a se tornar conflitantes entre si e a saturar a capacidade de suporte da infra-estrutura urbana e do meio ambiente. Os usos se agregam para compartilhar benefícios – como o agrupamento do comércio, oficinas mecânicas e indústrias - mas também para enfrentar impactos negativos. Essas afinidades e conflitos de atividades urbanas são os motivos principais para a realização do zoneamento urbano.

O IBGE no Perfil dos Municípios Brasileiros definiu o zoneamento como:

“... o instrumento legal que define os possíveis usos do solo em zonas determinadas do município (residenciais, industriais, comerciais etc.) com vistas a tornar as cidades eficientes, pondo cada edificação, cada atividade e cada grupo humano em lugar próprio. Estabelece, também, os gabaritos de altura e limites dos prédios”.

Contudo, tal método de planejamento, importado dos países centrais de onde partiu a teoria do zoneamento, não foi eficaz, pois a teoria era feita pelo Governo e por uma classe dominante, compactuando interesses e descumprindo seus princípios fundamentais de melhorias da qualidade de vida nas cidades.

Segundo Figueiredo (2002), *“a falta de plano de zoneamento em áreas de risco ou potencialmente perigosas permite o adensamento populacional desordenado das áreas vulneráveis que ficam sujeitas à ocorrência de acidentes com perdas materiais e humanas”.* Sendo áreas de risco caracterizadas por locais sujeitos à ocorrência de fenômenos da natureza geológico-geotécnica e hidráulica que impliquem a possibilidade de perdas de vidas ou danos materiais.

Então, outra medida foi implantada: a Constituição de 1988, que tornou obrigatório o plano diretor para municípios com mais de 20.000 habitantes, definindo-se como *“instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana”*, incorporando os conceitos do Zoneamento urbano.

Mas ainda eram insuficientes as diretrizes para o crescimento das cidades, foi então que, em 10 de julho de 2001, foi aprovada a Lei 10.257, denominada de "Estatuto da Cidade" ansiosamente aguardada desde a Constituição de 1988, e que inovou ao inserir, um capítulo sobre reforma urbana no texto constitucional.

O art. 2º da lei dispõe que *“a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais: I - garantia do direito a cidades sustentáveis; entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações”.*

O Estatuto da Cidade define o Plano Diretor *“como um conjunto de princípios e regras orientadoras de ação dos agentes que constroem e utilizam o espaço*

urbano” e que na sua elaboração deve haver, obrigatoriamente, a participação da população, diretamente e indiretamente, através de suas associações representativas. Devem ser feitas conferências da cidade, debates e audiências públicas, além dos estudos, diagnósticos e propostas elaboradas que devem ser amplamente divulgados pelos meios de comunicação, para que todos possam participar em igualdade de condições.

No mesmo texto o zoneamento é definido como: “... *a divisão do conjunto do território urbanizado, ou a ser urbanizado, em zonas diferenciadas, para as quais são aplicados parâmetros de uso e ocupação específicos*”.

Sendo assim, o zoneamento atual assegura uma localização adequada para as diferentes funções e atividades urbanas segundo critérios urbanísticos, definidos em função da manutenção e recuperação da qualidade ambiental, da preservação da fluidez dos sistemas viários municipais, do nível de incomodidade de certos usos sobre os demais e dos conflitos gerados na convivência com o uso residencial, além da intensidade dos usos, da capacidade de suporte da infra-estrutura e do porte das edificações.

Basicamente, a maioria dos municípios brasileiros têm parte do seu território ocupado em desacordo com a legislação urbanística. Não existe uma consciência coletiva que se preocupe com as ocupações desordenadas, as quais geram a deterioração do meio ambiente. Assim, loteamentos clandestinos, ocupações em área de proteção aos mananciais, favelas, condomínios em áreas rurais e invasões de terras são uma constante no cenário “surreal” da ordem legal urbana. Notadamente, é muito grande a defasagem entre o modelo adotado pela legislação urbanística e a vida da cidade real.

Dentro deste panorama, Jacobs (2000) diz que:

“As cidades são um imenso laboratório de tentativa e erro, fracasso e sucesso, em termos de construção e desenho urbano. É nesse laboratório que o planejamento urbano deveria aprender, elaborar e testar suas teorias”.

Entretanto, Lynch (1980) indaga a possibilidade real de uma teoria normativa geral sobre a forma urbana. Pois, os inúmeros modelos teóricos de desenhos e práticas urbanas existentes sobre as cidades, embora o autor mencione sua necessidade bem

como seus limites específicos de utilização nas práticas de investigação ou intervenção urbanísticas, não apresentam uma consistência real de como deveria ser a cidade em sua totalidade. Para a avaliação de um lugar é necessário que se analise o entorno e os processos de transformação urbana, ou seja, sua continuidade e desenvolvimento relacionado aos elementos de estabilidade, tendo em vista sua capacidade de mudar e crescer.

O planejamento e a gestão territorial, conforme Godard (1997), são ações fundamentais do Estado e das coletividades locais na correção dos desequilíbrios regionais têm passado nas últimas décadas por uma mudança paradigmática, onde a gestão participativa, o planejamento estratégico e a cooperação econômica entre regiões e cidades se impõem como alternativas quase compulsórias. Tem sido decisivo para isto o reconhecimento da ineficiência do planejamento centralizador e autoritário, devido à contrariedade da gestão participativa tão reivindicada e reprimida, e que passa a ser mais recentemente uma diretriz praticamente compulsória das políticas públicas.

As dificuldades inerentes ao planejamento e à gestão urbana refletem-se diretamente na viabilidade e limites da aplicação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável nas cidades. Para isto, é preciso entender em que medida a morfologia e a dinâmica urbana são condicionadas pelos fatos econômicos e sociais e crer que a cidade é um produto, mas a urbanização é um processo ou uma multiplicidade de processos e problemas político-econômicos, sociais e culturais (HARVEY, 2004).

CAPÍTULO 2.3: Sustentabilidade, Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentável.

A partir da década de 70 do século XX foi gerada uma discussão em que o planeta oferece limites de exploração de seus recursos e que estes limites devem ser considerados em favor da manutenção da própria humanidade no futuro (ALVARENGA, 1997).

Os efeitos negativos sobre o meio ambiente gerados pela crescente urbanização e, principalmente, pela produção industrial formaram o painel de fundo para uma mobilização internacional que propagava a possibilidade de se ter um processo de

desenvolvimento que não fosse tão predatório. Foi nessa busca que surgiram os conceitos de ecodesenvolvimento, desenvolvimento durável e desenvolvimento sustentável.

Antes da existência do termo desenvolvimento sustentável, para o processo de equilíbrio entre meio ambiente e desenvolvimento, houve os ideais do “Ecodesenvolvimento”, elaborados por Maurice F. Strong diretor do PNUMA em 1973 (ROMERO, 1992).

Apesar de muitos pontos em comum com o desenvolvimento sustentável, o ecodesenvolvimento tinha características que o tornavam uma espécie de prática paralela daquele e que persistiu por certo tempo, mesmo após o surgimento do outro termo. Para Romero (1992), o ecodesenvolvimento tinha como marca a sua ligação com uma visão mais restrita e específica de desenvolvimento, centrada em mercados locais. Isso porque tentava definir um estilo de desenvolvimento adaptado às regiões rurais do terceiro mundo, que promovesse um uso racional dos recursos para a sua conservação em longo prazo. Para a sua efetivação, incentivava o uso de tecnologias que se adaptassem a esse fim e que tivessem como meta o uso integral de materiais visando a reciclagem de resíduos, a absorção dos componentes culturais, como valorização de técnicas de construção com matérias-primas locais e das práticas ambientalmente compatíveis existentes (SACHS, 1986).

Entretanto é com a efetivação do conceito de desenvolvimento sustentável, que o foco de atenção passa a ser voltado para um aspecto muito mais global, consagrado e aceito a partir da definição proposta pelo Relatório Nosso Futuro Comum (World Commission on Environment and Development, 1987), também conhecido como Relatório Brundtland, que relata:

“Atualmente a humanidade tem a habilidade de se desenvolver de uma forma sustentável; entretanto, é necessário garantir as necessidades do presente sem comprometer as habilidades das futuras gerações em atenderem suas próprias necessidades” (World Commission on Environment and Development, 1987).

Por outro lado, a ênfase do Relatório Brundtland na necessidade de um crescimento econômico, a fim de reduzir a pressão da pobreza sobre o meio ambiente,

atraiu várias críticas. Em parte por não ter sido dada a devida atenção à questão de redistribuição dos recursos entre ricos e pobres, situação que poderia trazer mais benefícios ambientais (ALIER, 1995). As outras críticas foram no sentido de que a sustentabilidade não poderia ocorrer numa economia de livre mercado, com a competitividade e a necessidade de consumo cada vez maior, o que não teria sido abordado no relatório.

Mas a idéia de processo do desenvolvimento sustentável indicando a forte relação com o tempo e a motivação pela participação de todos foi o importante conceito que surgiu. Apesar das críticas, abriu margem a soluções mais sustentáveis às cidades e assentamentos em geral, segundo Silva e Teixeira, 1999:

“... pode-se admitir que o processo de desenvolvimento sustentável inicia-se, não só a partir de decisões e ações de governos nacionais e organismos internacionais, mas também através de atitudes e procedimentos adotados nos mais diferentes níveis das sociedades... A característica necessária a tais atitudes e procedimentos seria, então, sua sustentabilidade. Partindo desse princípio, pode-se então falar em cidades ou assentamentos humanos sustentáveis (CBCS, 1998), em soluções sustentáveis (McKAUGHAN, 1997), em técnicas sustentáveis ou ecotécnicas (SILVA & MAGALHÃES, 1993) e outras expressões”

Cinco anos após, a Agenda 21 incorpora e alia os termos desenvolvimento e meio ambiente, selecionando critérios estratégicos e indicadores para monitoramento da situação ambiental e da implementação das ações propugnadas pela Agenda. Quanto ao meio urbano destacamos os capítulos 7, 10, 18 e 21 que abordam este tema:

“Capítulo 7: Promoção de desenvolvimento sustentável dos assentamentos urbanos;

Capítulo 10: Abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento dos recursos terrestres;

Capítulo 18: Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos;

Capítulo 21: Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos”.

De acordo com a Declaração de Berlim, a ameaça de esgotamento das reservas de água, a acumulação de resíduos superando a capacidade de tratamento, o mau uso e a contaminação do solo, a qualidade do ar atingindo níveis cada vez mais críticos, o aumento da demanda por transportes, a diminuição de áreas verdes e a falta de moradias para todos, são os problemas mais sérios a serem enfrentados pela sociedade mundial.

Todos estes problemas estão intimamente ligados a um fator temporal. Aliás, o tempo é também um dos grandes fatores da sustentabilidade, pois as iniciativas e estudos para a sua implementação devem estar direcionados para o planejamento de longo prazo, como bem colocam Bastemeijer, Wegelin & Brikke (1998) e Lacy (1997), tendo em mente um processo contínuo de aprendizagem e crescimento para toda a sociedade.

Nesta linha de pensamento temporal, para efeito de análise de uma determinada atividade, Sachs (1994) dividiu a sustentabilidade em cinco dimensões, segundo as quais o desenvolvimento sustentável está baseado:

Sustentabilidade social: que pressupõe uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e bens, reduzindo a distância entre ricos e pobres;

Sustentabilidade econômica: onde a deficiência econômica deve ser medida em termos macro-sociais e não através de critérios microeconômicos de rentabilidade empresarial;

Sustentabilidade ecológica: obtida através da melhoria do uso dos recursos, com a alimentação do uso daqueles esgotáveis ou danosos ao meio ambiente; redução do volume de resíduos e de poluição, por meio de conservação de energia e recursos e da reciclagem; auto-limitação do consumo por parte dos países ricos e dos indivíduos; pesquisa em tecnologias ambientalmente mais adequadas e normas de proteção ambiental;

Sustentabilidade espacial ou geográfica: configuração rural-urbana mais equilibrada, com: redução de concentrações, urbanas e industriais; proteção de ecossistemas frágeis e criação de reservas para proteção da biodiversidade; agricultura e agrossilvicultura com técnicas modernas, regenerativas e em escalas menores;

Sustentabilidade cultural: consideração das raízes endógenas, com soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área, e com as mudanças se dando num contexto de continuidade cultural.

Com isso, pode-se concluir que a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável certamente são conceitos ainda em construção. Porém, é importante registrar que mais do que retrato de uma determinada situação estanque, eles apresentam-se como um processo ou uma tendência, que pode ser positiva ou negativa. Mas, o fato de estarem pautados nas discussões internacionais e estarem sendo progressivamente disseminados nas diferentes esferas do conhecimento, apresenta-se como uma referência de um processo de mudança nas quais as atividades humanas buscam estar de acordo com as necessidades atuais e futuras.

As duas primeiras conferências foram marcos importantes do século passado, a de Estocolmo pelo alerta que fez sobre a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento global e a do Rio de Janeiro pela proposta de um novo modelo de desenvolvimento, baseado no equilíbrio ecológico, social e econômico, além da solidariedade planetária. Já em Johannesburgo houve uma constatação do pequeno percentual de compromissos efetivamente cumpridos desde a conferência do Rio.

Este ínfimo cumprimento de ações sustentáveis prevalece pela complexidade da integração entre o ambiente natural, a equidade social, o desenvolvimento e as inovações tecnológicas, o sistema capitalista e globalização, impossibilitando a formação de um ciclo fechado entre estas relações, onde não houvesse perdas. Sendo assim, é importante que se faça uma análise das faces da sustentabilidade perante estas ações conflitantes onde se encontre um ponto ótimo entre a quantidade de benefícios e perdas, ou seja, a capacidade de suporte do sistema como um todo.

Segundo Acselrad (2001), ao se pensar na capacidade de suporte do planeta, evidencia-se que haveria limites ecológicos, os quais seriam submetidos por decisões sociais, sendo assim, a raiz da degradação do ambiente seria a mesma da desigualdade social. Entretanto, embora o planeta esteja ecologicamente interligado, o mundo é socialmente fragmentado e as diversas faces do planeta representadas pela desigualdade social atribuem a esta questão a desigualdade distributiva, a dependência financeira, a desigualdade no controle dos mecanismos de comércio e dos fluxos de tecnologia.

Neste discurso evidenciam-se as relações conflitantes entre a lógica do mercado, as bases produtivas da natureza e os grupos sociais. Segundo Ianni (1998):

“A globalização do mundo pode ser vista como um processo histórico-social de vastas proporções, abalando mais ou menos drasticamente os quadros sociais e mentais de referência de indivíduos e coletividades. O imaginário de indivíduos e coletividades, em todo o mundo, passa a ser influenciado, muitas vezes decisivamente, pela mídia mundial, uma espécie de “príncipe eletrônico”, do qual nem Maquiavel nem Gramsci suspeitaram.”

Com a globalização dos mercados, a generalização das redes de trocas e a circulação exacerbada de mercadorias, pessoas e capitais pelo território, as paisagens começaram a perder seu valor informativo no mundo globalizado, tornando-se resíduos de regiões naturais entre regiões econômicas. (OSEKI e PELLEGRINO, 2004)

Como o modelo consumista é elemento integrante do modo de produção capitalista, modificá-lo de uma maneira que gere resultados transformadores profundos, pressupõem alterações também amplas e profundas no modelo econômico e financeiro internacional e nos padrões culturais, além de mudanças nas posturas políticas.

Além destes fatores, a sustentabilidade ainda articula-se à ética que norteia a conduta humana perante valores de bem e mal relativos às condições de existência de vida. Esta preocupação fica clara ao se discutir o risco de alguns “avanços” tecnológicos como os transgênicos os quais poderão trazer riscos à saúde humana, o uso da energia nuclear, os avanços da biotecnologia como é o caso da proposta de clone humano.

CAPÍTULO 2.4: Uso Antrópico dos Elementos Naturais no Espaço Urbano

A ocupação do meio físico e a exploração dos recursos naturais são processos que fundamentam a consolidação dos assentamentos humanos, pois grupos sociais se estabelecem em um determinado local e iniciam sua exploração. Como no Brasil houve o processo de êxodo rural e o crescimento urbano foi acelerado e desordenado, a partir da década de 70, foi gerado um problema de população urbana com infra-estrutura inadequada. A ampliação da ocupação do espaço natural intensifica a exploração dos recursos naturais, tendo como conseqüência degradação do meio ambiente.

Segundo Costa Júnior (2003), isto acarreta um questionamento do modelo atual de desenvolvimento, onde a relação entre desenvolvimento econômico e preservação do meio ambiente é extremamente conflitante.

Do ponto de vista hidrológico a urbanização acompanhada da retirada da mata ciliar, remoção da vegetação e impermeabilização dos solos, altera o escoamento natural das águas pluviais superficiais, diminuindo a área de infiltração, com a redução substancial no tempo de concentração das bacias hidrográficas, aumentando a vazão e o volume de escoamento. Esses efeitos provocam sérios impactos ambientais nas cidades, aliados à ausência de gerenciamento do poder público fazem a ocupação inadequada de áreas de fundos de vale, planícies de inundações e várzeas desencadeando em um processo de inundações.

Na figura 1, pode-se notar claramente o efeito deste impacto da urbanização no qual há um aumento do pico de vazão na área urbanizada, em um menor espaço temporal.

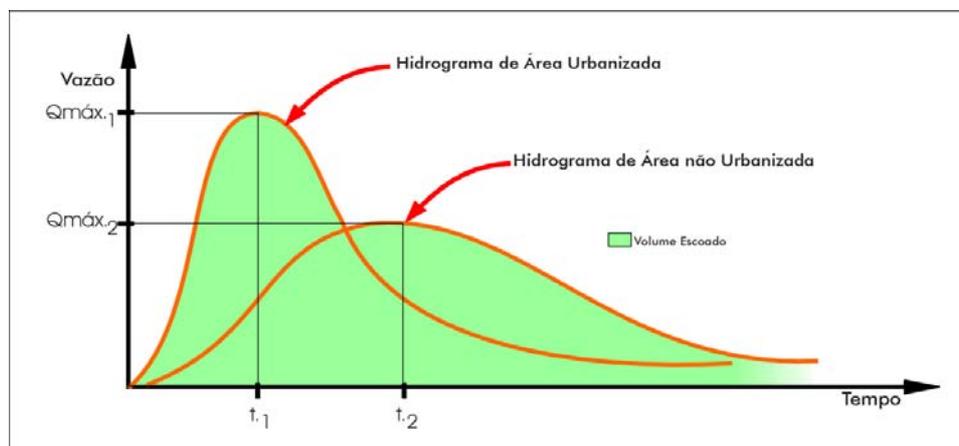


Figura 1: Impacto da urbanização na vazão máxima

Fonte: Vaz Filho & Cordeiro, 2000.

Também impactam o recurso hídrico a perda da mata ciliar e a crescente impermeabilização das micro-bacias urbanas, resultando na modificação do ciclo hidrológico, bem como a retificação e canalização dos córregos, que alteram a sua dinâmica natural. Outro aspecto a ser considerado é a utilização das áreas lindeiras, reservadas legalmente como Áreas de Preservação Permanente (APPs). Quando não têm sido ocupadas

por vias de tráfego, têm ficado sem utilização ambiental ou social (como poderia ser o caso de parques lineares), se tornando passíveis de invasões para usos privados incompatíveis com a peculiaridade de um fundo de vale.

Segundo Butler e Parkinson (1997) *in* Costa Júnior (2003) a drenagem urbana sustentável é “*inacessível*”, pois existe atualmente uma incompatibilidade muito elevada entre a produção, a ocupação do meio urbano e os sistemas de drenagem, sendo assim, defendem sistemas de drenagem “*menos insustentáveis*”. Para isto, o processo de gerenciamento da drenagem urbana deve se pautar em medidas diversificadas, que utilizem técnicas e tecnologias estruturais e não-estruturais.

Vaz Filho (2000) aponta como principais causas de falhas do sistema, os problemas relacionados com a manutenção e operação, devido, entre outras razões, à falta de recursos para operar o sistema, o desconhecimento do funcionamento e a importância do sistema de drenagem urbana pela população. A mudança dos padrões de comportamento e o uso de novas técnicas e tecnologias exigem uma interface significativa com a população que será atingida por determinado projeto de drenagem de águas pluviais.

Outra agressão ao meio ambiente, com efeitos danosos, é a poluição sobre a saúde das pessoas e sobre o meio ambiente. Os poluentes emitidos pelos veículos e indústrias causam, além do impacto direto na saúde, também efeitos danosos para o meio ambiente como um todo. Os sistemas de transporte e as indústrias contribuem para o agravamento de dois dos principais problemas ambientais existentes atualmente: as chuvas ácidas e o aquecimento global.

Tickell *in* Rogers (2001), afirma que dependemos de florestas e da vegetação, de um modo geral, para cultivar o solo, para mantê-lo coeso e para regular o fornecimento de água através da preservação de bacias de captação e dos lençóis freáticos. Dependemos de solos férteis para decompor os poluentes e dependemos dos nutrientes para a reciclagem e destino final dos resíduos. Não há substituto à altura desses serviços naturais, todos eles constituem partes do apoio e sustentação de um sistema urbano.

Segundo Lima (2003), os corpos d'água e as matas ciliares das áreas urbanas aparecem representados de forma indiferente ao dia a dia das pessoas, sendo a estas, desnecessário interferir em seu estado por não relacionarem qualidade ambiental com suas atividades cotidianas ou qualidade de vida. Para isto, pode-se pensar a cidade como um

organismo social, vivo e complexo, que possui elementos ambientais com função urbanística e que a natureza seja um equipamento urbano que traz qualidade de vida.

CAPÍTULO 2.5: Avaliação de Impacto Ambiental

Segundo Callardo (2004), a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) foi estabelecida nos Estados Unidos por meio da sanção do National Environmental Policy Act (NEPA), em 1970, como resposta à pressão exercida por uma parcela organizada da opinião pública, no questionamento sobre a inserção da variável ambiental no processo decisório de empreendimento que pudessem causar impactos ambientais.

A partir de então, houve uma disseminação em mais de 100 países e organizações em todo o mundo, auxiliando os responsáveis pela tomada de decisão. Sua aplicação é de exigência de organismos internacionais de funcionamento, como o Banco Mundial. (BEANLANDS, 1993)

Assim, esta foi implantada no Brasil como um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938/81, atendendo os seguintes princípios:

I - Ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - Racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III - Planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV - Proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V - Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI - Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII - Acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII - Recuperação de áreas degradadas;

IX - Proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - Educação ambiental a todos os níveis de ensino, incluindo a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Para a execução desse objetivo, a Lei 6.938/81 prevê a Avaliação de Impacto Ambiental e uma série de outros instrumentos complementares e inter-relacionados, como por exemplo:

- O licenciamento e a revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, que exige a elaboração de EIA/RIMA e/ou de outros documentos técnicos, os quais constituem instrumentos básicos de implementação da AIA;
- O zoneamento ambiental, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e a criação de unidades de conservação, que condicionam e orientam a elaboração de estudos de impacto ambiental e de outros documentos técnicos necessários ao licenciamento ambiental;
- Os Cadastros Técnicos, os Relatórios de Qualidade Ambiental, as penalidades disciplinares ou compensatórias, os incentivos à produção, a instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental, que facilitam ou condicionam a condução do processo de AIA em suas diferentes fases.

Segundo Ibama (1995), após a aprovação da Resolução Conama 001/86, houve um período de incertezas e adaptações por parte dos órgãos de meio ambiente existentes. Tal fato foi atribuído à falta de tradição de planejamento, às diferenças regionais na edição de leis complementares à Resolução, a problemas de interpretação da Legislação Federal e à falta de definição de atribuições e competências dentro dos órgãos ambientais.

Esse período foi marcado por intensa mobilização, busca de informações e intercâmbio em torno do funcionamento do processo de AIA no País. Foram realizados diversos eventos nos quais foram definidos os seguintes requisitos básicos para a operacionalização da AIA no Brasil:

- Criar procedimentos de licenciamento ambiental específicos, conforme os tipos de atividades;
- Treinar equipes multidisciplinares na elaboração de EIA/RIMA;
- Treinar pessoal dos órgãos de meio ambiente para analisar os casos de AIA no País;
- Gerar instruções e guias específicos para conduzir os diferentes tipos de estudos, de acordo com as características dos projetos propostos.

O autor ainda constata que o EIA/RIMA tem auxiliado os órgãos de meio ambiente na tomada de decisão quanto à concessão de licenças ambientais e servido como instrumento de negociação entre os agentes envolvidos nos projetos propostos. Entretanto, os EIA/RIMA têm contribuído muito pouco para aperfeiçoar a concepção dos projetos propostos e para a gestão ambiental no seu todo.

Segundo Macedo (1995), a avaliação ambiental estabelece uma medida de comparação entre situações distintas. Avaliar pressupõe mensurar e comparar; para isto, utiliza-se o conceito de cenários ambientais, temporal e especialmente distintos. Esta avaliação requer uma equipe multidisciplinar, o que implica algumas dificuldades de gerenciamento, devido ao foco de cada especialidade. Para centralizar as informações faz-se necessária a presença de um gestor sênior.

Na AIA, o estudo de alternativas deve ser visto de duas maneiras distintas, ou seja, uma mais próxima do conceito de AIA, a qual consideraria maneiras funcionalmente diferentes para serem atingidos os objetivos propostos, internacionalmente identificada como Avaliação Ambiental Estratégica (AAE). Já a segunda, a análise de alternativas estaria se voltando a mecanismos diferentes para atender o mesmo conceito e objetivo, hoje identificados pelo instrumento Estudo de Impacto Ambiental (EIA). A figura 2 mostra a diferença entre estes instrumentos (STEINEMANN, 2001).

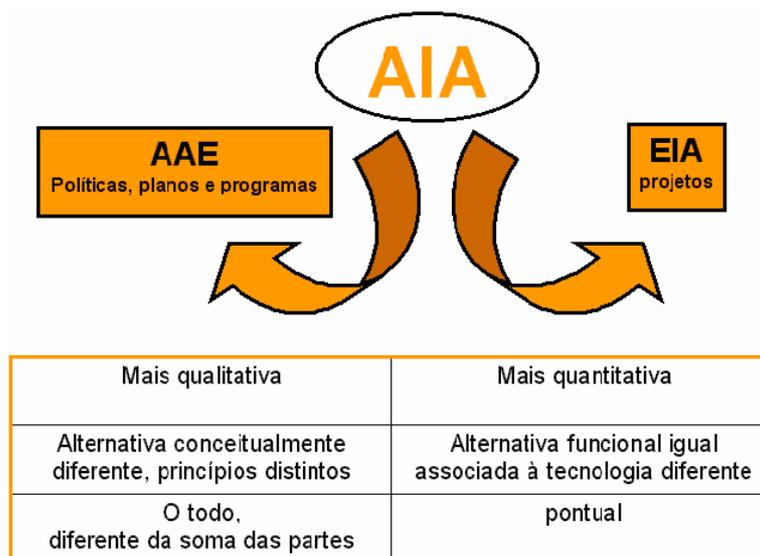


Figura 2: Avaliação de impacto ambiental

Fonte: Oliveira, 2004

Segundo Oliveira (2004), na prática, a restrição da AIA a projetos no Brasil e a não consideração de objetivos maiores que os guiem é conflitante, ao que preconiza a resolução do Conama 001/86, enfraquecendo o processo de gestão ambiental com um todo. Algumas falhas de concepção e construção do processo visando instrumentalizar a análise de alternativas ambientalmente adequadas foram apontadas por Steinemann (2001) e podem ser consideradas em ambas as escalas (AAE e EIA).

A definição restrita do problema e dos objetivos, quando imposta pelo empreendedor limitam soluções e alternativas possíveis, eles podem ser subjetivos ou até construídos para justificar uma ação pré-definida. As alternativas estruturais são mais fáceis de serem assimiladas e “respeitadas” pela sociedade, pois já estão inseridas no cotidiano devendo apenas cumprir as formalidades necessárias. Já as alternativas inovadoras são mais arriscadas, difíceis de serem assumidas tanto pelo empreendedor como pelo poder público que, na maioria das vezes, incorporam as mudanças de comportamento e valores da sociedade de forma lenta e gradual.

A participação pública, tão importante para dar legitimidade e identidade ao processo de decisão e desenvolvimento de melhores alternativas, pouco influencia, pois ocorre de forma precária e após a definição dos rumos essenciais já terem sido considerados.

Sánchez (1995) complementa que a análise de alternativas destaca como atributos essenciais o caráter prévio, o vínculo com o processo decisório e a necessidade de envolvimento público no processo, além de identificar que a AIA só será eficiente em políticas públicas se, complementarmente, desempenhar os seguintes papéis:

- Instrumento de ajuda de decisão
- Instrumento de ajuda à concepção de projetos
- Instrumento de gestão ambiental
- Instrumento de negociação social

Em vista disto, sabe-se que neste período houve grandes avanços com a preocupação ambiental, mas ainda são claras as diferenças entre concepção e prática. Mesmo assim, devido à preocupação emergente houve uma grande proliferação de métodos de avaliação ambiental para que se facilitasse a implementação desta análise e avaliação.

CAPÍTULO 2.6: Diferentes Métodos de Avaliação Ambiental

Segundo Surhema (1992) os métodos de avaliação ambiental são “mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os impactos ambientais”, sendo que a “seqüência de passos recomendados para coleccionar e analisar os efeitos de uma ação sobre a qualidade ambiental e a produtividade do sistema natural e avaliar os seus impactos nos receptores natural, sócio-econômico e humano”.

Métodos para a realização de estudos de impacto ambiental de projetos, planos, programas e políticas ocupam um lugar de destaque nas discussões sobre Avaliação de Impacto Ambiental. Entretanto, a pesquisa metodológica, realizada basicamente nos países desenvolvidos, tem se dedicado quase que exclusivamente a indagar por caminhos ou a produzir técnicas necessárias ao estudo do impacto ambiental de projetos de atividades

(IBAMA, 1995). Sem perceber a quantidade de técnicas e métodos existentes com finalidades semelhantes.

Segundo Ibama (1995), os métodos atualmente disponíveis são de dois tipos: alguns constituem adaptações de métodos consagrados em outras áreas do conhecimento – Análise do Valor de Uso, Análise de Custo-Benefício ou Simulação Dinâmica de Sistemas; outros, como a Análise do Risco Ecológico, foram diretamente desenvolvidos para atender a legislação (Resolução CONAMA 001/86), estabelecendo diretrizes e atividades para a realização de um estudo de impacto ambiental. Verifica-se a tendência de se confundir método para a elaboração de EIA/RIMA ou de outros documentos técnicos semelhantes com técnicas de agregação de informações como: checklists, matrizes, overlays, redes de interações.

Comumente, a identificação e interpretação da magnitude dos impactos são feitas por chamados grupos “*ad hoc*”, que consistem na criação de grupos de trabalho formados por profissionais multidisciplinares, em que se organizam em reuniões técnicas para obterem informações a respeito dos prováveis impactos ambientais do projeto, possuindo a vantagem da utilização de um curto tempo para a tomada de decisões, entretanto, possui um alto grau de subjetividade, levando a legislação vigente a não permitir sua utilização como um método de AIA. (IBAMA, 1995).

A utilização da técnica Delphi é aplicada a estes grupos por questionários, e distribuídos a especialistas, previamente informados das características do projeto em estudo, podendo ser solicitado o julgamento e o parecer sobre diversas questões, como a atribuição de pesos aos diversos impactos, para a sua hierarquização buscando sempre o consenso. Os questionários atualmente são respondidos *online* não exigindo o custo de deslocamento dos profissionais ou a compatibilidade de horários para as reuniões.

A seguir serão elencadas as técnicas e métodos de avaliação ambiental:

2.6.1 Checklists

Os checklists são listagens de controle que podem ser de diversas formas como simples, descritivas, escalares ou escalares ponderadas. A listagem simples enumera os fatores ou indicadores ambientais que podem estar associados a parâmetros de ações do

projeto, fazendo um diagnóstico ambiental da área de influência. A descritiva lista orientações para análises a partir de fontes de dados e questionários com isto, além de fazer o diagnóstico ambiental da área de influência também faz a análise dos impactos. A escalar faz uma escala de valores com a lista de fatores de impactos ambientais, com isto é possível comparar alternativas, também. E a escalar ponderada, faz o mesmo das escalares incluindo o grau de importância dos impactos com a ponderação adotada.

Estes checklists são importantes para a enumeração dos fatores a serem avaliados podendo evitar impactos ambientais mais graves e a base para qualquer método de avaliação. Porém, não identificam se os impactos são diretos ou indiretos, não consideram a relação tempo-espço, não analisam a interação entre os fatores e nem a magnitude dos impactos, sendo assim, este método também trará resultados subjetivos. O quadro 1 exemplifica um tipo de checklist:

Quadro 1: Checklist - Estágios do Crescimento Urbano e seus Impactos Hidrológicos

Estágio	Impacto
1. Transição do estágio pré-urbano para estágio primitivo	
a. remoção de árvores ou vegetação	Decréscimo na transpiração e aumento do escoamento superficial
b. construção de habitações dispersas com limitados sistemas de água e esgoto	
c. perfuração de poços	Algum abaixamento do nível do lençol freático
d. construção de fossas sépticas, etc.	Alguma elevação na umidade do solo e provável contaminação
2. Transição do estágio primitivo para estágio intermediário de urbanização	
a. terraplanagem do solo	Aceleração da erosão do solo
b. construção em massa de habitações	Diminuição da infiltração
c. uso descontínuo e abandono de alguns poços rasos	Elevação do nível do lençol freático
d. desvio de cursos d'água próximos, para abastecimento público	Decréscimo na vazão entre os pontos de desvio
e. lançamento de esgotos não tratados, ou tratados inadequadamente, em cursos d'água e poços	Poluição de cursos d'água e poços
3. transição do estágio intermediário para último estágio de urbanização	
a. urbanização da área completada pela adição de mais edificações	Redução da infiltração e abaixamento do lençol freático; altos picos de inundações; diminuição das vazões
b. grandes quantidades de resíduos não tratados lançados em cursos d'água locais	Aumento da poluição
c. Abandono de poços rasos remanescentes, por causa da poluição	Elevação do nível do lençol freático
d. aumento da população requer a execução de novos sistemas de abastecimento de águas	Aumento das vazões dos cursos d'água locais, se o abastecimento de água for feito a partir de outra bacia
e. calhas dos cursos d'água restritas, pelo menos em parte, a canais artificiais e túneis	Mais alto estágio para uma dada vazão (em conseqüência, aumento dos danos de inundações); mudanças na geometria da calha e na carga de sedimentos
f. construção de sistemas sanitários de drenagem e estações de tratamento de esgoto	Remoção de excesso de água da área
g. melhoria do sistema de drenagem de grandes precipitações	
h. escavação de poços industriais profundos e com grandes capacidades	Redução na pressão da água; algum abaixamento; intrusão de água salgada
i. aumento do uso da água em sistemas de ar-condicionado	Sobrecarga de coletores e outros sistemas de drenagem
j. perfuração de poços de recarga	Elevação da pressão na superfície da água
k. recuperação e utilização de águas residuárias	Recarga de aquíferos subterrâneos; usos mais eficientes dos recursos hídricos

Fonte: SALVADOR, 2005.

2.6.2 Matrizes de Interação ou de Impacto

A matriz de interação é uma técnica que relaciona fatores com ações gerando relações de causa-efeito, organizando informações que permitem a visualização, em uma mesma estrutura, das relações entre indicadores relativos ao meio natural e indicadores relativos ao meio antrópico. Esta pode ser simples ou complexa, dependendo da quantidade de informações com que se trabalha, identificando os impactos ambientais diretos, com boa disposição visual, simplicidade na elaboração e baixo custo, mas ainda não são consideradas as características espaciais dos impactos, não identifica os impactos indiretos e possui subjetividade na atribuição da magnitude. A figura 3: exemplifica um tipo de matriz de interação.

INDICADORES DE QUALIDADE E FATORES AMBIENTAIS	AÇÕES OU ATIVIDADES IMPACTANTES																	
	OD	DBO	DQO	TEMPERATURA	PH	COLIFORMES FECALIS	COR	TURBIDEZ	N total	P total	SOLIDOS SUSP. (Resid. não Filtrável)	SOLIDOS DISSOLVIDOS	SUBST. TOXICAS ou CONSERVATIVAS	PEIXES	OUTROS ANIMAIS AQUATICOS	ALGAS	OUTROS VEGETAIS AQUATICOS	OUTROS INDICADORES
URBANIZAÇÃO (LOTEAMENTOS, EDIFICAÇÕES, ETC.)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO							X	X			X	X						
CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUPERFICIAL																		
CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA																		
ESGOTOS DOMÉSTICOS	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
LIXO DOMÉSTICO	X	X	X				X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, HOSPITALARES, ETC.	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
ARMAZENAGEM DE MATERIAIS (MATÉRIAS PRIMAS, PROD.)	X	X	X		X				X	X		X	X		X	X	X	X
TRANSPORTE DE MATERIAIS	X	X	X		X						X	X	X		X	X	X	X
DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO SOLO	X	X	X								X	X	X		X	X	X	X
POLUIÇÃO DO AR					X								X					
ATIVIDADES RECREATIVAS (ESPORTES NÁUTICOS, ETC.)		X	X								X				X			
CANALIZAÇÃO OU RETIFICAÇÃO DE RIOS																		
DRAGAGENS	X	X	X				X	X			X	X			X	X	X	X
NAVEGAÇÃO			X												X			

Figura 3: Matriz de interação

Fonte: Salvador, 2005.

Segundo Ibama (1995), a Matriz de Leopold (figura 4) tem sido uma das mais utilizadas nos EIA/RIMA realizados no Brasil. Trata-se de uma matriz bidimensional simples que contém na sua concepção original, uma centena de ações relativas ao empreendimento e oitenta e oito características e condições ambientais relacionando-se em

cada célula. Nesta relação há uma ponderação, qualificando a magnitude e a significância dos impactos dela resultantes em uma escala de “1” a “10”. A magnitude é colocada no canto superior esquerdo de cada célula e, a significância, no canto inferior direito.

QUADRÍCULA DE INTERSEÇÃO:



M - Magnitude do impacto (de 1 a 10)

I - Importância do impacto (de 1 a 10)

Características Ambientais Ações de Projeto	Solo		Água	
	Erosão	Compactação	Qualidade	Escoamento
Desmatamento	8 10	5 5	4 5	7 7
Movimentos de terra	10 10	4 5	5 5	6 5
Pavimentação		10 10		10 8

Figura 4: Exemplo da matriz de Leopold

Fonte: Salvador, 2005

2.6.3 Redes de Interação

As redes de interação são construídas para identificar a totalidade das conexões entre vários efeitos ambientais que podem resultar das intervenções humanas. Através de esquemas ou de equações matemáticas, podem ser mostrados os efeitos diretos e os efeitos seqüenciais (efeitos em cadeia) dessas intervenções. A dificuldade da sua aplicação é saber relacionar com precisão todas as características naturais do meio e suas inter-relações, além disso, elas não consideram a relação tempo-espaço e nem o grau de importância dos impactos.

Sorensen (1971) *in* La Rovere (1992), analisa diversos tipos de uso do solo em regiões costeiras através de redes de interação. Os efeitos ambientais de determinada intervenção são obtidos através da identificação das condições iniciais do meio como o aumento da superfície de escoamento de águas pluviais, das conseqüências das ações como as enchentes e dos seus efeitos como as erosões. Além disso, também sugere ações corretivas como reposição da cobertura vegetal e mecanismos de controle como a construção de redes de drenagem. A figura 5 demonstra um tipo de rede de interação.

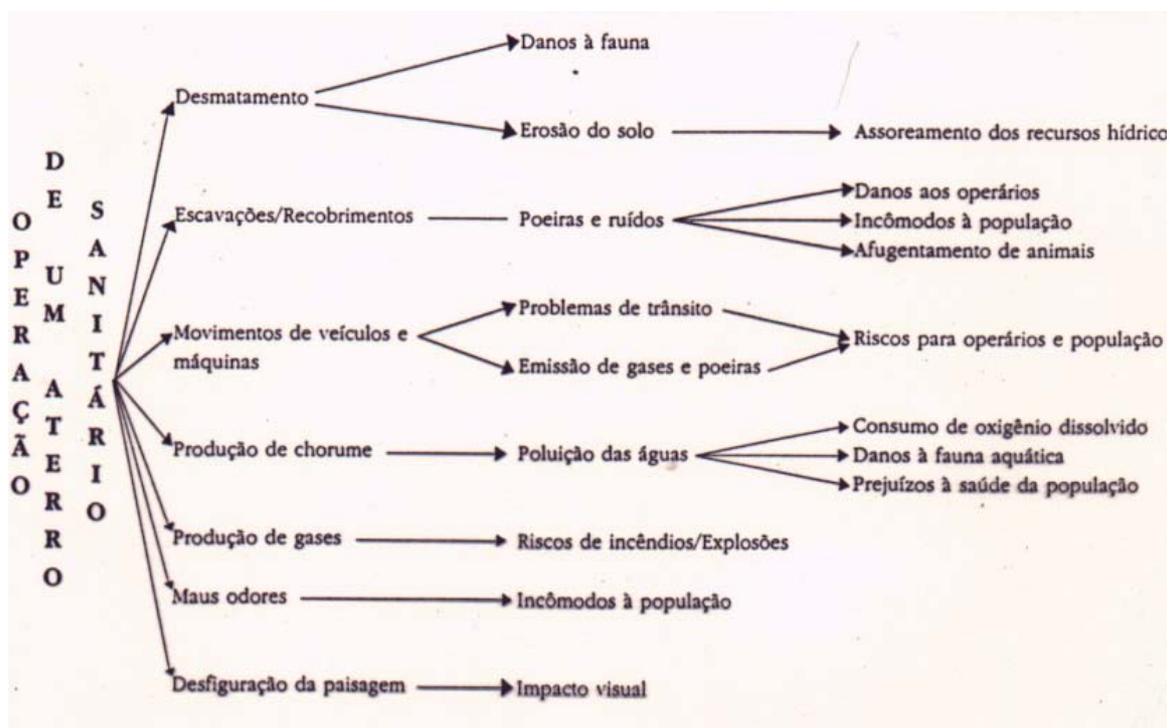


Figura 5: Rede de Interação

Fonte: Tommasi (1994).

2.6.4 Superposição de Cartas ou Overlay

A superposição de cartas utiliza mapas temáticos para uma síntese das interações. Pode ser feita manualmente, através do uso de papel transparente ou translúcido sobre um mapa ou fotografia, com o objetivo de realçar detalhes. Segundo Ibama (1997), esse recurso é utilizado intensamente por McHarg em planejamento espacial. Os dados

significativos sobre os principais fatores ambientais (clima, geologia, fisiografia, hidrologia, pedologia, vegetação, vida silvestre, uso do solo), previamente analisados e ordenados de acordo com o seu valor para o desenvolvimento das atividades previstas, são registrados em mapas transparentes, com diferentes graus de sombreamento. As áreas mais escuras indicam os fatores mais favoráveis para cada atividade planejada, e as áreas sem sombreamento, as menos favoráveis (por exemplo: as áreas mais escuras podem indicar os solos com menor probabilidade de erosão, e as mais claras, as de maior probabilidade, sendo as primeiras mais adequadas para usos residencial, comercial e industrial).

Para cada conjunto de áreas sombreadas, de acordo com o seu grau, é feita uma interpretação de sua aptidão de uso (conservação; recreação passiva; recreação ativa; uso residencial; usos comercial e industrial). A confecção dos mapas transparentes é precedida de uma série de estudos, feitos a partir de uma extensa coleta de dados e com o uso de uma série de instrumentos auxiliares de análise. Essa técnica, como utilizada por McHARG, requer ainda a preparação de uma grande quantidade de mapas.

Uma alternativa aos mapas transparentes são os mapas computadorizados, que possibilitam maior flexibilidade e rapidez na análise de cenários alternativos, através da superposição e interação dos fatores ambientais dentro de uma arquitetura de sistema de informações de suporte às decisões (figura 6). Miller (1994) enfatiza a importância do uso de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) citando que as metas do planejamento e manejo conservacionistas são proporcionais à capacidade dos sistemas computacionais em integrar múltiplos tipos de dados para a tomada de decisão. As vantagens, dificuldades e problemas do uso de SIG em planejamentos ambientais podem ser conferidos nos trabalhos de Pablo *et al* (1994) e Santos *et al* (1998).

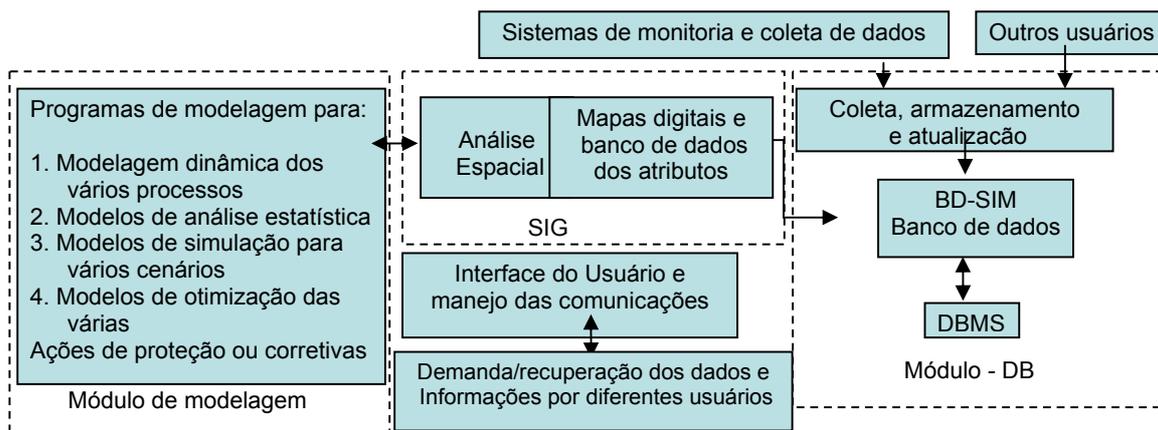


Figura 6: Arquitetura de sistema de informação

Fonte: Christofletti, 2004

Para isto, são utilizados softwares especializados, como os já tradicionais IDRISI, ARC/INFO, GRASS, SPANS, SGI/INPE, MAPINFO, ARCVIEW, AUTODESK MAP e SPRING, que a partir do banco de dados obtém um produto final com informações sobre restrições ou potencialidades de uso e ocupação do espaço. Ao utilizar softwares as imagens são capturadas por satélites através de sensoriamento remoto, sendo que os satélites mais utilizados no Brasil são LANDSAT, SPOT, CBERGS, IKONOS, QUICK BIRD, TERRA e AQUA, destinados ao levantamento, mapeamento, e monitoramento dos continentes e oceanos (ROSA, 2003). O armazenamento e processamento destas informações são feitos por sistemas de informações geográficas, ou seja, tecnologias para aquisição, armazenamento, gerenciamento, análise e exibição de dados espaciais. Sendo assim, esta tecnologia torna possível a automatização de tarefas e facilita a realização de tarefas complexas.

Segundo Rosa (2003), a aquisição das informações é feita através da conversão de informações analógicas em digitais que podem ser obtidas através de fotografias aéreas, imagens de satélites, cartas topográficas, mapas, relatórios estatísticos e outros. Obtidas as fotografias aéreas e/ou imagens de satélites inicia-se o processo da foto-interpretção através de características como tonalidades, cores, texturas, formas, tamanhos, sombras e padrões. É sempre importante verificar as interpretações em campo para que as informações sejam mais confiáveis. A interface entre o usuário e o mundo real funciona

através de sistemas de mensuração, informação e modelos, além da análise do sistema (figura 7).

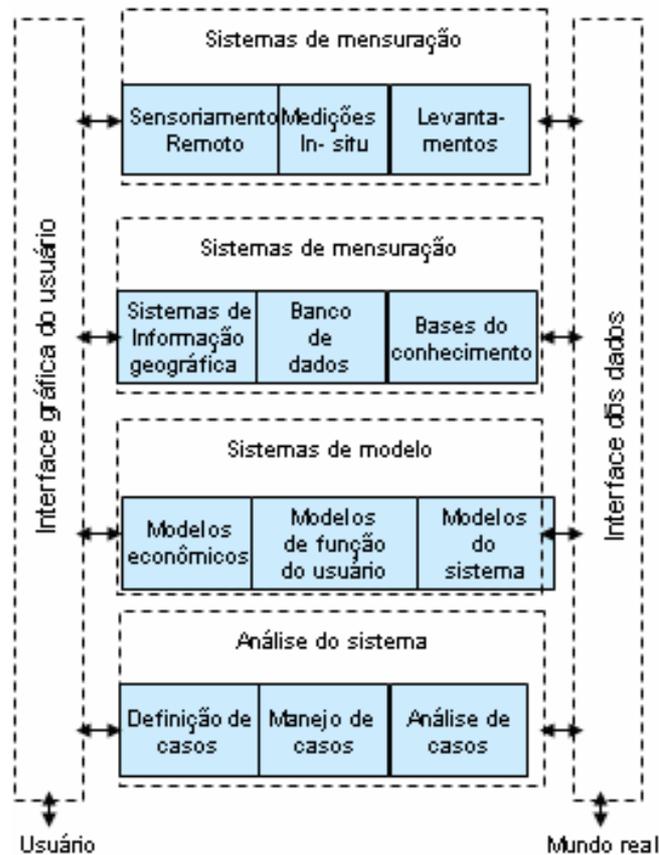


Figura 7: Sistema de suporte a decisão

Fonte: Christofletti, 2004

Estas informações são armazenadas em um disco rígido para o posterior gerenciamento e análise. Através de um banco de dados gerenciam-se as informações e na análise seleciona ou agrega informações temáticas e/ou estatísticas de acordo com o objetivo específico. Há também uma preocupação com a adequação da escala de trabalho com a escala do mapa, para que o produto seja mais coerente possível. O quadro 2 classifica os tipos de modelos utilizados nos softwares de sistemas de informações geográficas.

Quadro 2: Guia classificatório dos modelos em Sistemas de Informações Geográficas

MODELO (representação)		
MATERIAL (tangível)		SIMBÓLICA (abstrata)
CATEGORIA GERAL DOS MODELOS:		
ESTRUTURAL <i>Objeto</i>	AÇÃO <i>Ação</i>	RELACIONAL <i>Funcional</i> <i>Conceitual</i>
TIPOLOGIA DOS MODELOS EM SIGs:		
<i>Cartográfico</i>		<i>Espacial</i>
CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS EM SIGs:		
ESCALA	<i>Micro</i>	<i>Macro</i>
EXTENSÃO	<i>Completo</i>	<i>Parcial</i>
OBJETIVO	<i>Descritivo</i>	<i>Prescritivo</i>
ABORDAGEM	<i>Empírico</i>	<i>Teorético</i>
TÉCNICA	<i>Determinístico</i>	<i>Estocástico</i>
ASSOCIAÇÃO	<i>Genérico</i>	<i>Interligado</i>
AGREGAÇÃO	<i>Agrupado</i>	<i>Desagregado</i>
TEMPORALIDADE	<i>Estático</i>	<i>Dinâmico</i>

Fonte: Berry (1995)

A exibição dos resultados, gerados nas fases de aquisição e/ou análise, pode ser feita por tabelas, relatórios gráficos mapas, imagens, etc. Sendo uma ferramenta eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando integrar informações em uma única base de dados e representando vários aspectos do estudo de uma região. A figura 8 traz um exemplo de composição gerada pela superposição de cartas.

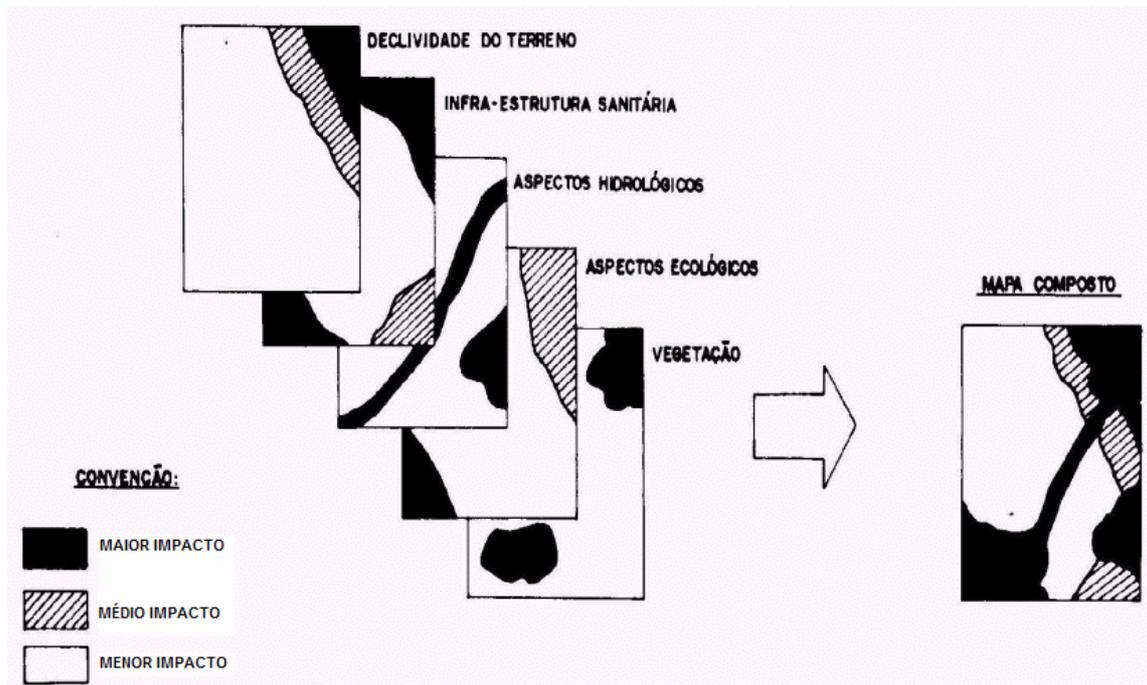


Figura 8: Superposição de cartas

Fonte: Salvador, 2005.

2.6.5 Biotestes

É uma ferramenta no controle da poluição ambiental, adequada para a determinação do efeito de parâmetros físicos e químicos sobre organismos-teste, sob condições experimentais específicas. Estes determinam os efeitos tóxicos provocados por constituintes da água por meio da reação dos organismos como, por exemplo, morte, crescimento, mudanças fisiológicas e morfológicas.

Ensaio ecotoxicológico monitoram a qualidade das emissões geradas em ETEs na entrada, na saída e no processo de depuração dos efluentes e os biotestes, informando sobre a toxicidade potencial das matérias-primas utilizadas nos processos fabris. O acompanhamento analítico contínuo acusa prontamente a entrada de substâncias nocivas no sistema de tratamento dos resíduos, permitindo a tomada de ações corretivas antes que estas provoquem impactos tóxicos.

Aplicados pela primeira vez no Brasil pela CETESB (SP) no monitoramento da qualidade hídrica nos anos 80, os biotestes vêm ganhando espaço nas legislações

ambientais de vários Estados do Brasil. Os bioindicadores são: Algas - *Clorella* ; Peixes – *Brachidanio rerio* (Paulistinha); Micro-crustáceos – *Daphnia magna*, *Daphnia similis*; Outros indicadores - plantas, líquens, bactérias, sensíveis à poluição.

De acordo com o IAP (1997), a localização dentro da estrutura e funcionamento das biocenoses, a distribuição da espécie, o conhecimento da biologia, hábitos nutricionais e fisiologia, a estabilidade genética e uniformidade das populações, a manutenção e cultivo em laboratório, a disponibilidade ao longo do ano, a sensibilidade constante e o tipo de teste, são alguns critérios para a seleção de organismos.

Dentre os microcrustáceos recomendados Goldstein e Zagatto (1991) acrescentam que as *Daphnia magna* têm sido amplamente utilizadas nos testes de toxicidade, por serem de fácil manutenção em laboratórios e sensíveis a diferentes grupos de agentes químicos. A CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental utiliza, como microcrustáceo, a *Daphnia similis* em testes de toxicidade (GOLDSTEIN, 1988). Já, o microcrustáceo utilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP é a *Daphnia magna* (IAP, 1997). Tendo-se a *Daphnia sp*, *Atenia sp*, *Ceriodaphnia sp*, *Mysidopsis bahiau* como exemplos de outros microcrustáceos utilizados (ISO, 1993b).

Segundo Knie e Lopes (2004), os ensaios com as bactérias *Vibrio fischeri* foram utilizados desde os anos 70 para determinar a toxicidade de solos e sedimentos, além de meios aquáticos, quando estas bactérias se encontram em condições ambientais favoráveis elas emitem luz naturalmente, desde que a concentração de oxigênio do meio esteja acima de 0,5 mg/L.

Os peixes como organismos consumidores, constituem o nível superior da cadeia alimentar. Destacam-se como exemplos o *Poecilia reticulada*, *Hemigrannus marginatus*, *Brachydanio rerio*, e *Cheirodon notomelas* (ISO,1993a). As algas, compondo o fitoplâncton como produtores primários, transformam a matéria inorgânica em orgânica, e são capazes de responder a efeitos tóxicos de várias substâncias. Pode-se destacar a *Chorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Scenedesmus subspicatus*, *Skeletonema costatum*, como exemplos destas algas (ISO,1989).

Estes testes são aplicados também para avaliar a sensibilidade relativa de organismos aquáticos para um determinado agente tóxico, para determinar a qualidade de água e as concentrações seguras de agentes químicos para preservação da vida aquática,

além de avaliar a fertilidade potencial das águas e a eficiência de diferentes métodos de tratamento para efluentes industriais em termos toxicológicos (METCALF e EDDY, 2003).

2.6.6 Análise de Valor de Uso

A Análise do Valor de Uso foi desenvolvida como um método de tomada de decisão para planejamento, através de um conjunto de alternativas de negociação complexa, que corresponde às preferências do tomador de decisão com relação a um sistema multifuncional de objetivos a ser ordenado.

Os valores de uso, quantificados numericamente, fornecem informação sobre a medida do sistema de objetivos do tomador de decisões. A análise parte do princípio de que juízos de valor sobre alternativas de negociação são passíveis de ser subdivididos em valores parciais os quais, agregados, podem levar à escolha da alternativa “correta” para cada um dos objetivos definidos pelo decisor. Os juízos de valor parciais são obtidos através da avaliação das alternativas de negociação (ruim, neutro, bom, etc) os quais se referem aos objetivos parciais do sistema global de objetivos do decisor, sendo transformados em valores numéricos, que expressam o “peso” de cada objetivo parcial.

Segundo Ibama (1995), para a avaliação de projetos de desenvolvimento regional, são sugeridos os seguintes passos:

1. Formulação das alternativas de negociação;
2. Definição dos objetivos a serem atendidos pelas alternativas de negociação, passíveis de avaliação concreta (medida do grau de atendimento de cada alternativa; definição de indicadores de avaliação);
3. Definição do significado relativo dos objetivos com base em pesos (ordem de preferência segundo a qual deve ocorrer a definição do valor de uso);
4. Descrição dos efeitos relevantes de cada alternativa de negociação que contribuem para atender os objetivos pré-definidos. Esses efeitos devem ser expressos em valores numéricos, que dão a dimensão dos indicadores;
5. Avaliação dos efeitos de cada alternativa em termos do grau de atendimento dos objetivos;

6. Obtenção do valor de uso parcial das alternativas, que é igual ao grau de atendimento do objetivo parcial por cada alternativa multiplicado pelo peso correspondente ao objetivo parcial;

7. Obtenção do valor de uso global de cada alternativa, que é igual ao somatório dos respectivos valores de uso parcial;

8. Hierarquização das alternativas com base nos seus valores de uso global.

Na utilização da Análise do Valor de Uso para a avaliação de efeitos ambientais permanecem os mesmos passos de análise. O sistema de objetivos é, no entanto, substituído por uma estrutura de relevância, formada por aqueles fatores ambientais dos quais advêm efeitos positivos ou negativos sobre um fator natural ou uma qualidade ambiental pré-definida. A quantificação dos efeitos é feita através de indicadores, utilizando-se uma escala de pontuação. Como na concepção original, o efeito global advindo de cada fator ambiental resulta do somatório de todos os efeitos parciais ponderados.

A dificuldade de aplicação da lógica da Análise do Valor de Uso na realização de análises de efeitos ambientais reside na agregação de indicadores por meio da aditividade. Isto porque existem relações extremamente complexas, muitas vezes ainda desconhecidas, entre os fatores ambientais, invalidando os pressupostos de total independência de cada fator ambiental e de possibilidade de permuta entre eles na estrutura de análise.

As exigências de transformação de todos os valores de indicadores em uma escala de pontuação cardinal impossibilitam a utilização de indicadores medidos em outras escalas, principalmente aqueles relativos às características dos processos naturais. Essa transformação não pode ser operacionalizada e, se feita, introduz no método um alto grau de subjetividade. A agregação, por somatório, de valores expressos em escala ordinal ou nominal leva a um resultado falso.

2.6.7 Análise de Riscos

Análise de risco (figura 9) é a avaliação de risco juntamente do gerenciamento de risco. Sendo que na avaliação de risco há uma estimativa da forma, característica e dimensão/ efeitos do risco e no gerenciamento de risco utilizam-se resultados da avaliação de risco para mitigar, reduzir ou eliminar riscos inaceitáveis (Kirchhoff, 2004).

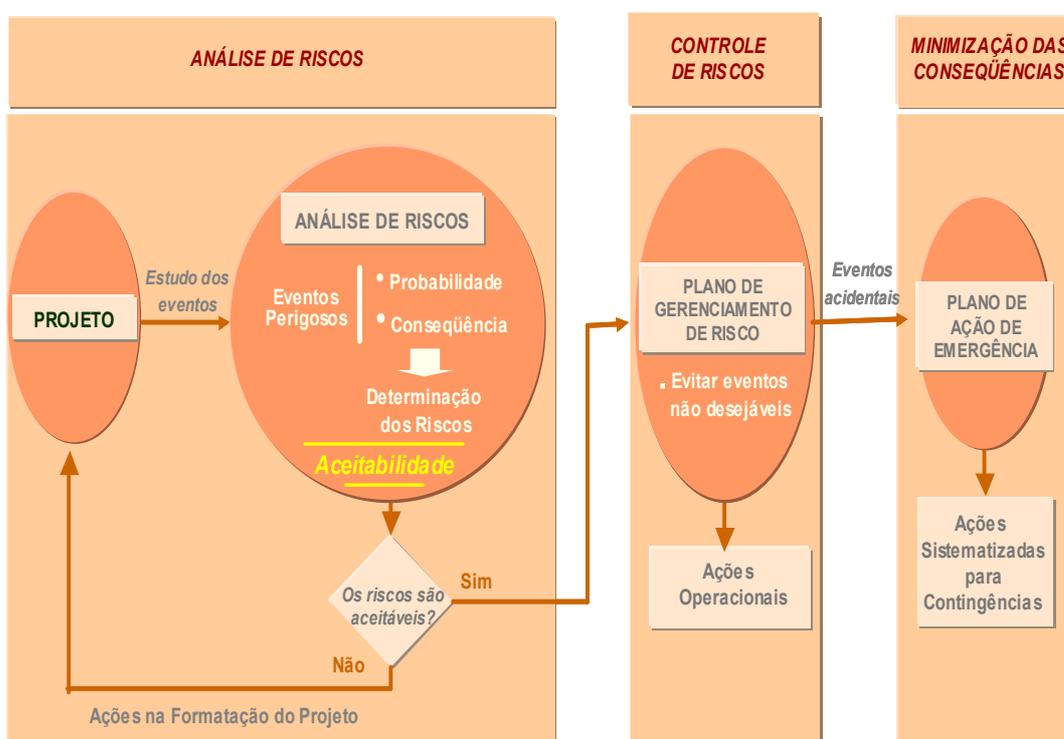


Figura 9: Avaliação e gerenciamento de riscos

Fonte: Generino (2001).

Segundo Ibama (1997), este método orienta-se na teoria alemã do Planejamento Ecológico, que tem como princípios básicos:

- organizar as funções e usos do espaço de acordo com o potencial natural existente; e
- ordenar o uso múltiplo do espaço de forma a não interferir, ou interferir o mínimo possível, nas funções do sistema natural (produtividade, capacidade de suporte,

capacidade de informação e de auto-regulação), ou seja, a evitar sobrecargas nos ecossistemas ou nos recursos naturais que possam causar danos a usos do espaço, existentes ou futuros.

Esses princípios são operacionalizados resultando em dois sistemas complexos de relações de causa/efeito:

Complexo 1: usos como causa de impactos ambientais relevantes; tendo como efeito modificações qualitativas e quantitativas nos fatores naturais.

Complexo 2: fatores naturais qualitativa e quantitativamente modificados, como causa; tendo as possibilidades e/ou qualidade de uso modificadas como efeito.

A Análise do Risco concentra-se no Complexo 1, oferecendo um instrumento metodológico para a quantificação - espacialmente diferenciada - de danos causados pela atividade antrópica aos fatores naturais. Portanto, a avaliação das inter-relações dos usos com os recursos naturais é feita a partir da análise das relações de troca entre o sistema das atividades antrópicas, como causador de efeitos negativos; e o sistema dos fatores naturais, como receptor desses efeitos. Havendo necessidade, é perfeitamente possível incorporar análises relativas ao Complexo 2 à estrutura da Análise do Risco, como por exemplo a avaliação da aptidão de uso.

Operacionalização da Análise do Risco Ecológico - A operacionalização das relações entre usos e recursos naturais acarreta a realização de análises de impacto ambiental com base em informações deficientes. Assim, a disponibilidade de dados é o fator determinante na operacionalização da Análise do Risco Ecológico. Como a Análise se utiliza de um modelo de indicadores, procurou-se, antes de tudo, minimizar os problemas típicos de tais modelos, que são basicamente os aspectos de conteúdo e de quantificação.

Quanto ao conteúdo, é preciso que a escolha dos indicadores se baseie no conhecimento científico disponível (Física, Química, Biologia, etc.) para que realmente venham a ser considerados os elementos mais importantes dos sistemas ecológicos a analisar.

A complexidade do modelo não deve ser aumentada pela consideração de um número cada vez maior de indicadores, sob pena de se ter os erros de medição potencializados. Além do mais, o modelo deve permanecer sempre transparente. O aspecto da quantificação é considerado o ponto mais positivo da Análise do Risco, se comparada a

outros métodos utilizados no planejamento ambiental como, por exemplo, a Análise do Valor de Uso.

A agregação dos indicadores é feita através de funções de agregação da Lógica matemática (Álgebra booleana), de forma a se obter a intensidade dos danos potenciais e a sensibilidade dos fatores naturais a danos, os quais combinados resultarão no risco de danos ambientais. A Lógica matemática utiliza-se apenas de combinações lógicas do tipo e/ou, que são representadas na forma de diagramas do tipo “árvore” (figura 10), o que garante transparência à aplicação do método, passo a passo.

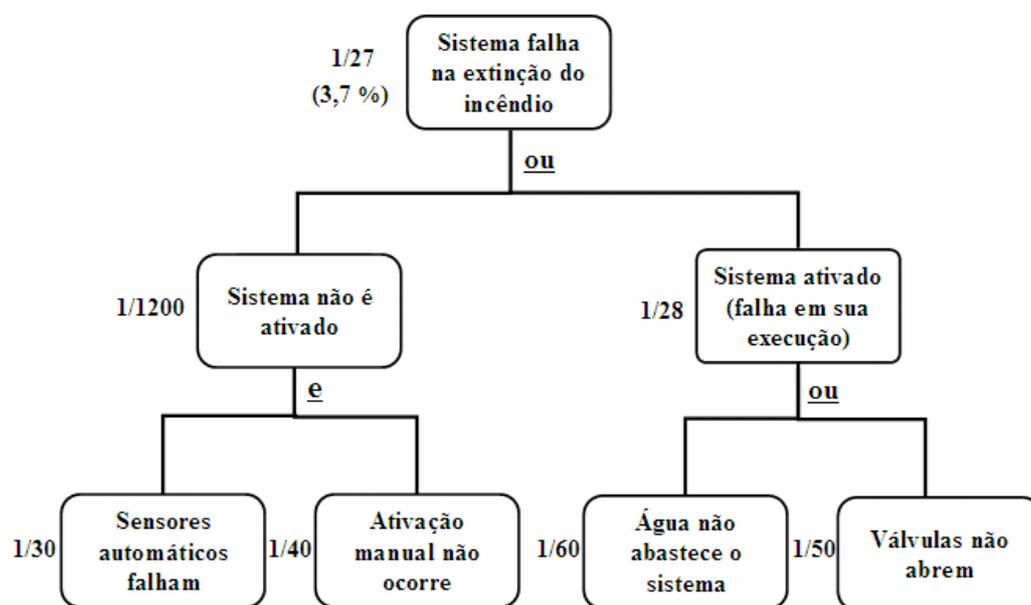


Figura 10: Árvore de falhas para o exemplo do incêndio

Fonte: Kirchhoff (2004).

2.6.8 Análise de Custo-benefício

Segundo Motta (1995), a análise de custo-benefício é transformar todos os benefícios e os custos de bens de consumo e serviços, entre eles os derivados do ambiente, em valores monetários, administrando conflitos de interesses de todos os agentes econômicos, para que a decisão maximize o bem-estar social e não o de certos grupos de indivíduos. Seria possível empregar essas técnicas com sucesso, com o objetivo de oferecer

alguns indicadores econômicos que pudessem colaborar no equacionamento das diversas questões ambientais presentes hoje.

A análise quantitativa e pensamento econômico ganharam força com o surgimento da Pesquisa Operacional dando origem ao planejamento racional com problemas de objetivos únicos (maximizar os benefícios ou minimizar os custos), respeitando as restrições técnicas, ambientais, políticas, sociais e de disponibilidade de recursos. A principal limitação surge na questão da atividade, amplamente analisada, uma vez que serão dados valores monetários para indicadores que só podem ser avaliados qualitativamente, ao lado de outros que podem ser quantificados com precisão.

Na literatura econômica o valor do ambiente divide-se em três partes: o valor de uso (uso atual dos bens de serviços ambientais), o valor de opção (indivíduos que no momento não usufruem diretamente do bem, mas podem utilizá-lo no futuro) e o valor de existência (não está relacionado com o consumo direto e sim com a pura existência do bem ou serviço natural).

Segundo Salvador (2005), existem vários métodos de valoração de benefícios com relação aos recursos ambientais.

- Princípio do poluidor-pagador – Desenvolver uma taxa aos poluidores de maneira proporcional ao custo da poluição gerada por eles. O objetivo desta prática é o de inibir a geração de rejeitos e fazer com que o empreendedor assuma o custo ambiental.
- Princípio da disposição a pagar – A teoria econômica conceitua como disposição de pagamento a soma de dinheiro que as pessoas estão dispostas a sacrificar para poderem consumir o bem ou serviço (MOTTA, 1995). Este é um método de contingência que estima o preço implícito dos bens naturais, determinando as curvas de demanda, através dos conceitos de substituição e complementaridade. Utiliza-se de uma consulta popular, na qual o entrevistado é confrontado com uma situação hipotética de ameaça a perda de um bem, forçando a decidir por uma dada alternativa (opção de contingência). Em seguida, é feito o tratamento estatístico dos resultados para definir a função de

demanda do bem natural, em que o somatório do quanto cada pessoa estaria disposta a pagar forneceria o valor monetário do recurso em questão.

- Modelo da disposição a receber – Semelhante ao anterior, sendo também um método de contingência, a teoria econômica conceitua como disposição a receber a soma de dinheiro que as pessoas estão dispostas a aceitar como compensação por não terem acesso ao consumo de um determinado bem ou serviço (MOTTA, 1995).
- Modelo de custo de viagem – Analisando os custos de viagem realizados pelos indivíduos para visitar um sítio natural, seria possível estimar quanto as pessoas valorizam este sítio e então estimar quanto estão dispostas a pagar pela sua preservação (MOTTA, 1995), sendo uma relação entre o prazer oferecido pelo sítio e o valor a ele atribuído pela população local. Quanto maior o custo da viagem para se alcançar um sítio, maior será a disposição das pessoas de pagarem pela conservação do mesmo.
- Modelo de valoração mercantil – estabelecimento do valor econômico dos sítios explorados através da avaliação dos preços de mercado de cada uma de suas partes constituintes. Por exemplo, embora não haja um mercado de ar puro, as residências que se localizam em áreas urbanas, onde a qualidade do ar é superior, possuem um valor que é apreciado. O somatório destes preços resultaria no valor mínimo dos atributos ambientais do sítio em referência.
- Modelo de preço hedônico – método indireto e estatístico, o qual busca valorar um recurso através da relação dos seus atributos com o preço da terra ou do trabalho. Por exemplo, a diferença entre o preço de um apartamento com um bosque urbanizado ao lado e o preço de um apartamento semelhante ao lado de uma área degradada, forneceria o valor do bem natural.
- Modelo de avaliação direta – método de difícil experimentação, porque depende de situações reais para ser aplicado. Por exemplo, se duas cidades próximas aplicarem tarifas diferenciadas para a qualidade da água de abastecimento público, com tarifa alta para boa qualidade e tarifa baixa para qualidade ruim, haveria a valorização do custo da saúde ambiental a partir da preferência das pessoas por uma ou outra cidade.

- Títulos de poluição ambiental – emissão de “títulos” com base na avaliação da capacidade de suporte de uma dada região (conceito “bolha”). O conjunto dos títulos negociados em bolsa corresponde a toda a poluição que seria admissível na região. Na medida em que uma empresa implanta um sistema antipolvente, ela poderá negociar os seus títulos com outras empresas mais poluidoras. Teoricamente, espera-se a valorização dos títulos provocada pela entrada de mais empresas na região, inibindo a geração de mais poluentes.

Para a resolução destes modelos são utilizadas diversas técnicas de Pesquisa Operacional, como a programação não-linear, programação linear e problemas dinâmicos (seqüências). Com esta visão de planejamento racional houve uma proliferação de modelos matemáticos de previsão de comportamento. Entretanto, com o desenvolvimento destes modelos notou-se que havia muitos problemas de objetivos múltiplos como é o caso dos recursos hídricos.

2.6.9 Análise Multiobjetivo

A análise multiobjetivo é uma técnica de auxílio à decisão que visa tratar, simultaneamente, de situações que envolvem aspectos de natureza diferenciada, como os econômicos, sociais, políticos e ambientais, permitindo integrar múltiplos decisores (BROSTEL, 2002). Geralmente não apresentam uma única solução, mas um conjunto de soluções eficientes, não dominadas, que compõem a “Frente de Pareto” (figura 11).

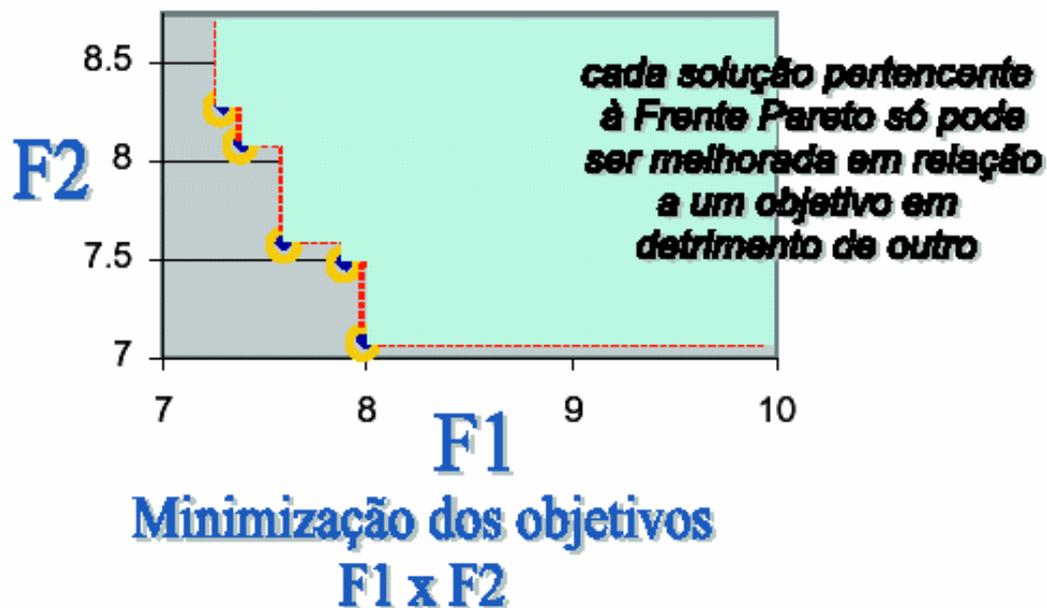


Figura 11: Frente de Pareto

Fonte: Reis (2006)

Segundo Salvador (2005), as etapas desta análise são:

- Definição inicial do objetivo geral ou meta que se deseja atingir com o empreendimento.
- Determinação dos objetivos específicos almejados, que irão permitir o alcance da referida meta.
- Tradução dos objetivos em funções (algoritmos) e atributos, que são medidos e quantificados, em conformidade com os valores de julgamento do(s) decisor(es).

Segundo Reis (2006), as limitações do planejamento racional foram a dificuldade ou impossibilidade de decisores e grupos de interesses estabelecerem seus objetivos em termos quantificáveis, pois somente algumas alternativas eram identificadas, havendo perda da visão sistêmica. A aplicação da Pesquisa Operacional mostrou-se adequada à resolução de problemas locais (pequenos) passíveis de representação via modelos matemáticos, pois não são levados em conta problemas de distribuição de renda ou impactos macro-econômicos.

2.6.10 Análise Multicritério

Na década de 60 começam a surgir os primeiros métodos multicritério atuando sob a forma de auxílio à decisão, não só visando a representação multidimensional dos problemas, mas, também, incorporando uma série de características bem definidas quanto a sua metodologia. A análise multicritério pode incorporar dados qualitativos e quantitativos através de diferentes pesos aplicados por equipes multidisciplinares a várias questões, revelando áreas de conflitos potenciais.

Existem duas grandes linhas de formulação teórica de Decisão Multicritério Discreta: a Escola Americana e a Escola Francesa. A Escola Americana trabalha com a Teoria da Utilidade Multiatributo e com o Método de Análise Hierárquica (AHP) e a Escola Francesa admite um modelo mais flexível do problema, pois não pressupõem, necessariamente, a comparação entre alternativas e não impõem ao analista uma estrutura hierárquica dos critérios existentes. Foram desenvolvidas duas famílias de métodos DMD: o ELECTRE e o PROMÉTHÉE.

O Método de Análise Hierárquica - AHP, elaborado pelo Prof. Thomas L. Saaty em 1980, é dividido em níveis hierárquicos. Essa estruturação consiste da definição do objetivo global e decomposição do sistema em vários níveis de hierarquia, o que possibilita a visualização do sistema como um todo e seus componentes, facilitando assim a elaboração da solução estratégica.

Os elementos que formam a hierarquia, previamente selecionados, devem ser organizados de maneira descendente, onde o objetivo principal deve estar no primeiro nível da hierarquia; os subobjetivos, num nível abaixo; em seguida, os critérios e, finalmente, as alternativas. As comparações são realizadas em todos os níveis da árvore hierárquica que foi montada para o apoio à decisão.

Aperfeiçoando AHP Clássico surgiram os métodos: AHP Referenciado a partir de controvérsias relacionadas aos valores dos critérios e alternativas e o AHP B-G a partir de controvérsias sobre a ocorrência da inversão de ordem com a introdução de uma nova alternativa.

A Teoria de Utilidade Multiatributo baseia-se na hipótese de que, em qualquer problema de decisão, existe uma função de valor base sobre o conjunto de

alternativas, que o tomador de decisão deseja examinar, consciente ou inconsciente. Esta função permitirá agregar os critérios ou os atributos. A metodologia consiste em escolher uma alternativa, em um conjunto de alternativas viáveis, que melhor satisfaça o resultado esperado, dentro de uma escala de valoração. Na análise desta função de valor consideram-se: hipóteses quanto à preferência do decisor e o conceito de dominância entre as alternativas e suas conseqüências.

Segundo Maystre, Pictet e Simos (1994), no final da década de 60 surge a primeira família de métodos, denominada de ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité). Seguiram-se: o ELECTRE I proposto por Roy em 1968; o ELECTRE II proposto por Roy e Bertier em 1973; o ELECTRE III proposto por Roy em 1978; o ELECTRE IV proposto por Roy e Hugonnard em 1982; o ELECTRE IS proposto por Roy e Skalka em 1985; e o ELECTRE TRI proposto por Yu Wei em 1992.

O método ELECTRE I tenta resolver o problema de seleção das alternativas disponíveis, conhecida como mínimo subconjunto dominante, que apresenta as seguintes características:

- Uma alternativa selecionada em um subconjunto de alternativas não é superada por nenhuma outra alternativa deste subconjunto;
- Para toda alternativa não pertencente ao subconjunto em análise, existe outra incluída neste subconjunto em análise que a supera.

A construção do método está baseada em duas fases distintas: a construção e análise da relação de superação, mas não é possível determinar a prioridade entre as alternativas selecionadas.

O método ELECTRE II procura facilitar a decisão por meio da priorização das alternativas. A relação de superação do ELECTRE II define duas relações, uma forte e a outra fraca. O aperfeiçoamento desta relação de superação (forte e fraca) define se uma alternativa supera ou se é superada por outra. Este método utiliza pesos, podendo desta forma aprimorar a análise. O algoritmo da ordenação das alternativas desenvolve-se em sete passos, onde se pode observar o valor do grau de dominância de cada alternativa. Desta forma podem-se ordenar as alternativas, destacando a que mais supera as demais.

O método ELECTRE III é uma técnica DMD que classifica as diversas alternativas para a solução de um problema. É adequada para os problemas em que há um único decisor. O método considera que diante da necessidade de comparar duas alternativas, o decisor poderá reagir segundo uma das seguintes relações:

- Preferência por uma das alternativas;
- Indiferença entre as alternativas apresentadas;
- Recusa ou incapacidade de comparar as alternativas.

Dessa forma calcula-se para cada alternativa um índice de concordância, para a formação de uma matriz para cada critério em análise. Da mesma forma que o anterior, este método ordena as alternativas em análise, apresentando a que mais supera as demais alternativas.

O método ELECTRE TRI classifica cada alternativa de solução do problema comparando a uma referência estável, estabelecendo uma relação de superação de uma alternativa, a partir de um processo conhecido como Procedimento de Agregação Multicritério. Sendo as alternativas de referência fictícias e definidas para limitar as diversas categorias em análise.

Para que o método possa estabelecer uma relação de superação entre uma alternativa e a alternativa de referência, devem ser calculados os índices de concordância (por critério e global), os índices de discordância (por critério e global) e o índice de credibilidade, a partir de procedimentos pré-definidos, assumindo que os critérios são crescentes no sentido das preferências do decisor. Todos esses índices permitem verificar em que medida uma alternativa supera a outra.

Este procedimento previsto no método ELECTRE TRI trabalha com um limite pessimista e outro otimista. O que se busca é comparar, de forma sistemática, cada uma das alternativas com todas as demais alternativas de referência. O procedimento otimista tem por finalidade sinalizar a forma mais eficiente de resolver o problema. Por outro lado, o procedimento pessimista pode ser aplicado quando os recursos disponíveis são limitados, visto que estas alternativas encontram-se nas categorias mais baixas possíveis, mas ainda permitem a solução do problema.

Em meados dos anos 80 surgem as primeiras referências ao método de apoio à decisão multicritério PROMÉTHÉE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Esta família de métodos PROMÉTHÉE (I, II, III,, IV, V e VI) foi elaborada para solucionar os problemas de apoio à decisão, baseados em relações de sobreclassificação, onde as alternativas seriam disponibilizadas por ordem de prioridade (BRANS e VINCKE, 1986).

Caracterizam-se por realizarem comparações binárias das alternativas, critério a critério, comparando seus desempenhos. Além disto, utilizam o conceito de pseudocritério, de forma a permitir que a diferença do desempenho existente entre as alternativas permita ao decisor variar seu grau de preferência de uma alternativa em relação à outra. Com este procedimento estabelece-se a menor preferência para as pequenas diferenças e a maior para as grandes. Diferentemente de muitos outros métodos de análise multicritério, têm a característica de serem não compensatórios, ou seja, uma avaliação muito ruim em um critério não é compensada por uma boa avaliação em outros critérios.

O conjunto finito de alternativas é classificado através do método PROMETHEE I, gerando uma ordenação parcial, que admite incomparabilidades e pelo PROMETHEE II, que gera uma ordenação completa, sem a possibilidade de existirem alternativas incomparáveis. O PROMÉTHÉE III obtém uma ordem por intervalos por trabalhar com limites variáveis. O método PROMÉTHÉE IV baseia-se no PROMÉTHÉE II, mas eleva a possibilidade de se trabalhar com um número infinito de alternativas.

Como o método anterior, o PROMÉTHÉE V também se baseia no PROMÉTHÉE II, sendo apropriado para o caso em que se deseja selecionar um subconjunto de alternativas em razões de restrições que sejam apresentadas pelo decisor.

O método PROMÉTHÉE VI auxilia o decisor na determinação dos pesos que serão atribuídos aos critérios, segundo suas preferências. Este método permite analisar o grau de complexidade do problema a ser decidido, em razão da possibilidade de verificação do maior ou menor grau de influência dos pesos dos critérios nos resultados finais.

Os métodos PROMÉTHÉE e ELECTRE podem ser considerados subjetivos, devido à definição dos pesos dos critérios que serviram de referência para a comparação

das alternativas. Entretanto, a vulnerabilidade em um processo decisório operacional pode ser visto como adequado a um processo decisório estratégico de longo prazo.

Os métodos PROMÉTHÉE apresentam maior resistência à variação das preferências e indiferenças do decisor, se comparados aos métodos ELECTRE. Este fato ocorre em razão da etapa em que os valores destes parâmetros são introduzidos no modelo. Nos métodos ELECTRE eles atuam sobre a relação de superação, exercendo uma forte influência, enquanto nos métodos PROMÉTHÉE eles ocorrem na etapa preparatória da definição dos critérios.

Os métodos PROMÉTHÉE e ELECTRE são informatizados, permitem a subjetividade dos pesos e critérios, mas não interagem dinamicamente com o ambiente que cerca o problema em análise.

2.6.11 Modelos de Simulação

Os modelos de simulação são modelos matemáticos computadorizados que representam o funcionamento dos sistemas ambientais, fazem diagnósticos da qualidade ambiental da área de influência, comparação entre os cenários, relação temporal e outros. O uso de modelos computacionais para simular processos ambientais é extremamente importante para a gestão de bacias hidrográficas. A figura 12 apresenta uma seqüência do uso do modelo dentro das fases de desenvolvimento de um estudo.

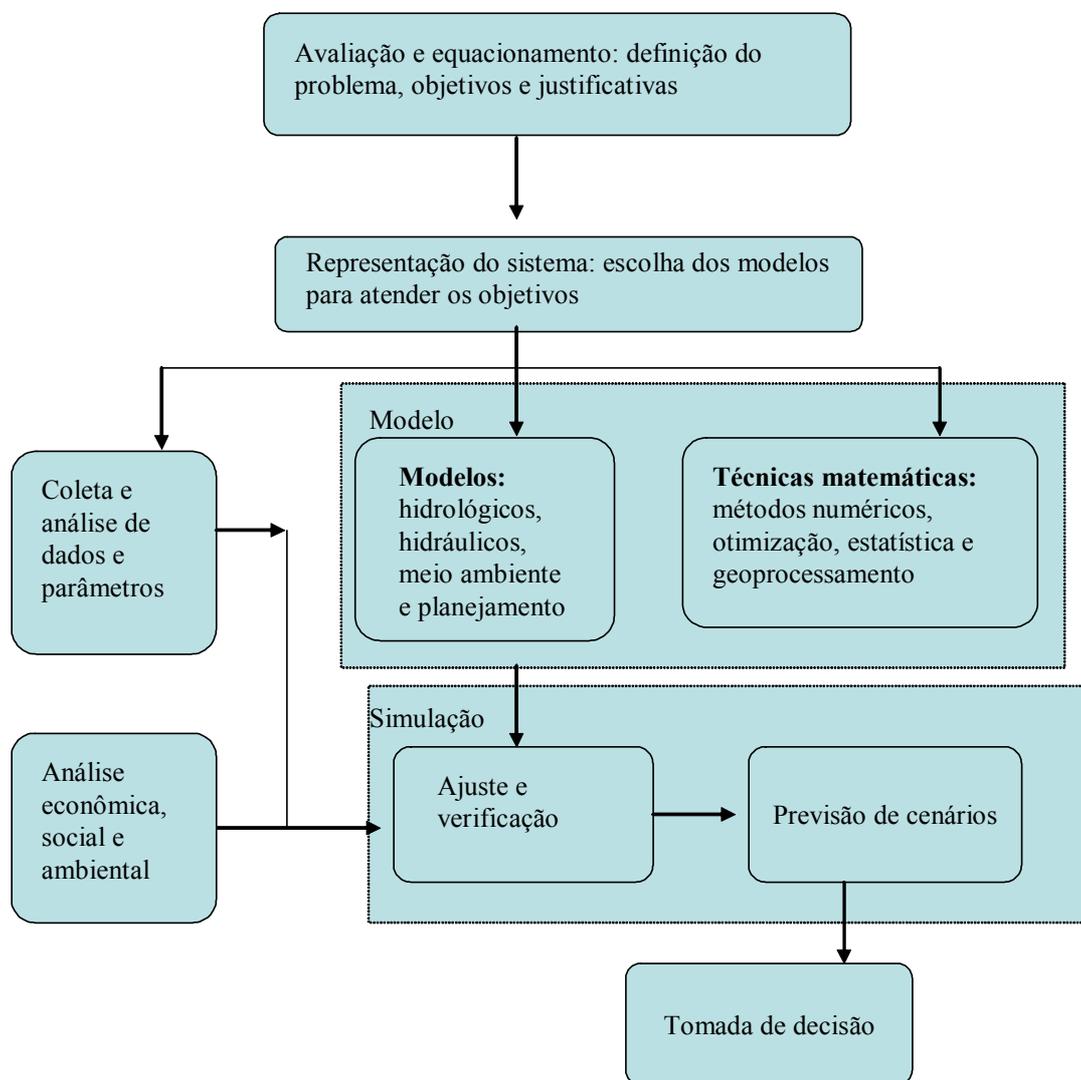


Figura 12: O modelo dentro das fases de um estudo

Fonte: Tucci (2005)

Segundo Christofolletti (2004), na perspectiva hidrológica, a simulação é utilizada geralmente para gerar hidrógrafos de escoamento a partir de dados da precipitação e da bacia de drenagem. Os modelos de síntese ampliam os procedimentos da simulação, sendo utilizados na análise de séries temporais ampliando os registros de curtas durações para escalas temporais mais longas.

A classificação das tipologias de modelos em hidrologia é descrita por Singh (1995) a partir de critérios como a descrição de processos, grandezas escalares e técnicas de resolução:

a) Classificação baseada nos processos

Os processos dos modelos podem ser genéricos ou distribuídos. Os genéricos analisam os processos ocorrentes na bacia em seu conjunto, sem se preocupar com as variações espaciais do processo, *inputs*, condições limitantes e características geométricas das bacias. Sendo assim, estes modelos representam uma simplificação dos processos, na qual a média da variável estudada é válida para todo o sistema, não considerando variações internas da precipitação, vegetação, solos, geologia ou topografia. Já os distribuídos levam em consideração a variabilidade espacial dos componentes e dos valores das variáveis no interior da bacia hidrográfica, estes modelos abordam os processos de precipitação e escoamento, entretanto, a deficiência de dados experimentais, na prática, são obstáculos à formulação de modelos plenamente distribuídos.

Na descrição de processos em ambas as características de modelos, sua abordagem pode ser determinística, probabilística ou estocástica. Os modelos determinísticos são baseados em noções matemáticas clássicas de relações previsíveis entre variáveis independentes e dependentes, geralmente encontram-se fundamentados no conhecimento ou pressupostos sobre leis de processos físicos e químicos. Já os probabilísticos são expressões que envolvem variáveis, parâmetros e constantes matemáticas juntamente de um ou mais componentes aleatórios resultantes das flutuações imprevisíveis dos dados de observação ou da experimentação, como por exemplo, o modelo de Monte Carlo, muito utilizado em sistemas hidrológicos e na análise do processo de difusão no setor da geografia humana. No caso do modelo que utilizar leis de probabilidade para algumas partes e expressões determinísticas em outras são determinados mistos.

b) Escalas temporais

A escala temporal pode ser definida como uma combinação de dois intervalos temporais, os *inputs* e computações internas e os *outputs* e calibração do modelo. A escolha do intervalo de tempo utilizado está ligada ao objetivo de modelo, pois pode estar baseado em eventos, em um tempo contínuo ou até em uma grande escala temporal.

c) Escalas espaciais

Levando em conta a grandeza das bacias hidrográficas, os modelos hidrológicos podem ser classificados em categorias de pequenas, médias e grandes bacias. Em geral, costumam-se considerar bacias pequenas as que têm área inferior a 100 km², médias as que possuem área entre 100 e 1000 km² e as grandes com área superior a 1000 km². Outro aspecto relevante é o uso do solo, conforme sua predominância, as bacias são classificadas como: agrícolas, urbanas, florestadas, desérticas, montanhosas, litorâneas, baixadas úmidas e mistas.

Segundo Tucci (2005), os modelos distribuídos, agregados a modelos digitais de terreno e ao geoprocessamento, têm buscado melhorar a representatividade espacial e temporal do comportamento das diferentes partes da bacia, sujeitas a diferentes ações antrópicas. Na figura 13 são apresentadas as escalas de tempo e espaço em que alguns processos do ciclo hidrológico se desenvolvem:

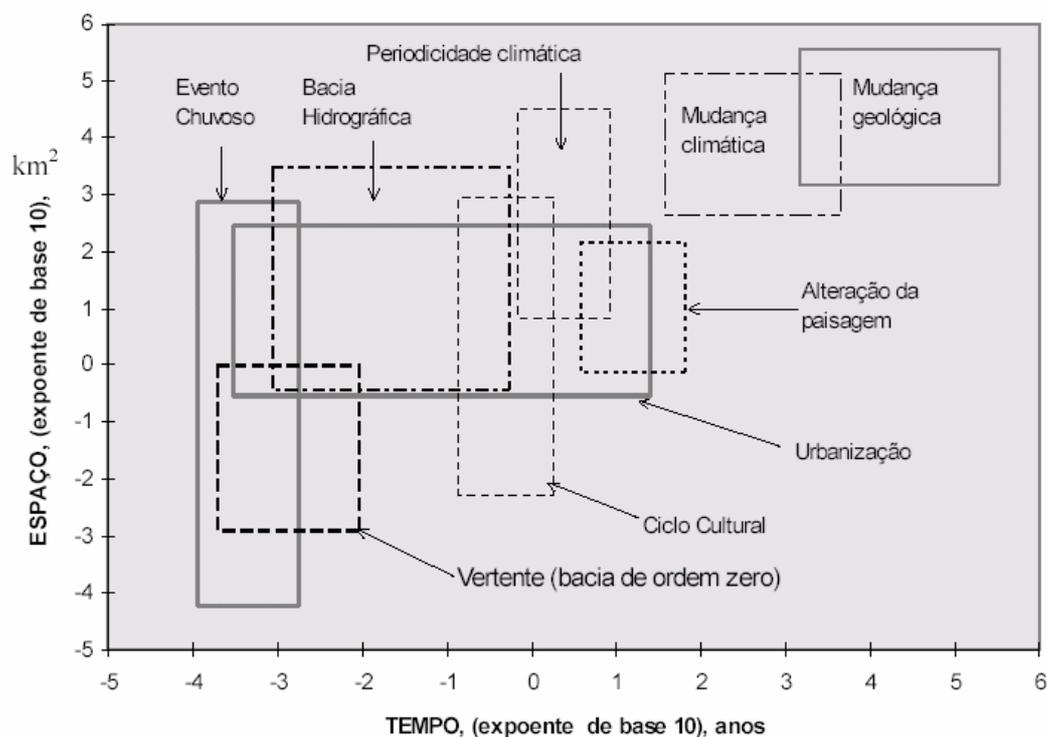


Figura 13: Processos Hidrológicos na escala do tempo e espaço

Fonte: Mendiondo e Tucci, 1997

d) Técnicas de resolução

Os modelos podem ser classificados em numéricos, análogos e analíticos (figura 14). Os modelos numéricos se dividem em várias técnicas como as diferenças finitas, elementos finitos, elementos limitantes, coordenadas ajustadas aos limites e mistos.

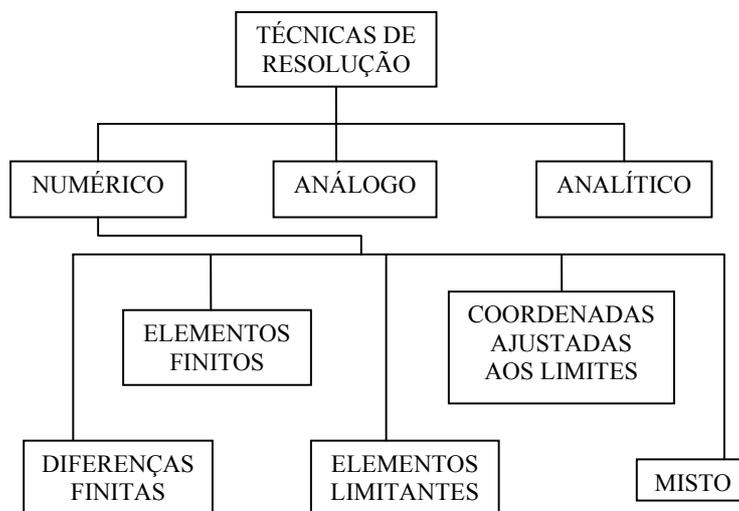


Figura 14: Classificação de modelos considerando as técnicas de resolução

Fonte: Singh, 1995.

Segundo Tucci (2005), o modelo hidrológico é uma das ferramentas que a ciência desenvolveu, para melhor entender o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observáveis. A simulação hidrológica é limitada pela heterogeneidade física das bacias e dos processos envolvidos, o que tem propiciado o desenvolvimento de um grande número de modelos que se diferenciam em função dos dados utilizados, discretização, das prioridades de representação dos processos e dos objetivos a serem alcançados. A evolução no procedimento de modelagem hidrológica tem sido no sentido de acoplar os modelos distribuídos do tipo chuva-vazão aos conceitos envolvidos no problema de poluição por fontes não pontuais.

Além destes, os modelos de qualidade de água também se tornaram importantes ferramentas para avaliação dos impactos decorrentes de atividades potencialmente poluidoras, em complemento aos modelos hidrológicos para o planejamento dos recursos hídricos (figura 15).

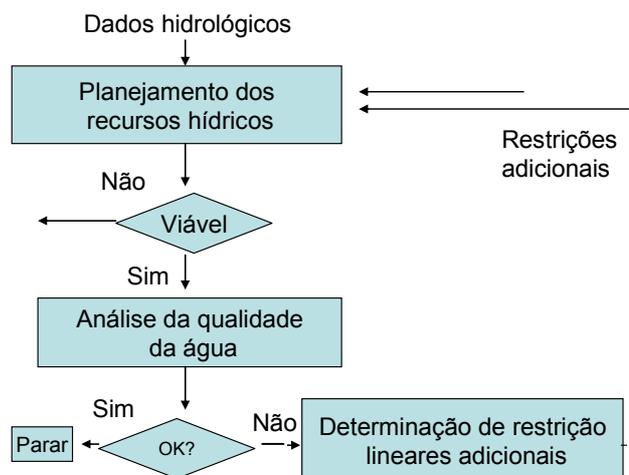


Figura 15: Modelo de sistema de suporte à decisão para o planejamento no uso de recursos hídricos

Fonte: Adaptado de Avogrado & Minciandi, 1996.

Os modelos de qualidade de água em rios são unidimensionais, enquanto que os de reservatórios e lagoas podem ter até três dimensões, quanto à variação no tempo podem ser permanentes ou não-permanentes, sendo que os que estão em regime permanente desconsideram a variação do tempo e os parâmetros podem ser conservativos ou não-conservativos, sendo que os não-conservativos sofrem processos químicos, físicos e/ou internamente dificultando a modelagem do comportamento (PEREIRA, 2004).

A integração dos modelos de escoamento com os demais modelos de qualidade de água, em geral, passa por uma conversão dos resultados para obedecer ao formato do modelo de qualidade de água a ser utilizado em seguida. Basicamente, existem dois métodos de integração: os modelos acoplados e não acoplados.

Segundo, Fitzpatrick e Imhoff (2001) os modelos acoplados consistem da incorporação do modelo de qualidade de água diretamente no modelo de escoamento. Isto é possível quando ambos os modelos utilizam o mesmo método numérico de resolução das equações, mesma grade computacional e mesmo passo de tempo. Os modelos não acoplados consistem na simulação dinâmica e armazenamento dos resultados para posterior conversão e aplicação do modelo de qualidade a ser utilizado posteriormente. Este método

é utilizado quando os modelos possuem métodos de resolução diferenciados, passos de tempo ou resolução de grades diferentes.

Os modelos no gerenciamento de recursos hídricos são classificados em três tipos: os comportamentais que descrevem o comportamento dos sistemas; os de otimização estão preocupados com as melhores soluções do sistema e os de planejamento que simulam condições globais em um sistema maior. Envolvem normalmente uma região ou bacia e buscam não somente as soluções hidráulicas, hidrológicas e econômicas, mas também a quantificação sócio-econômica e ambiental. As tabelas a seguir sintetizam a aplicação de modelos em problemas de recursos hídricos. O quadro 3 ilustra alguns modelos e suas características e aplicações possíveis (TUCCI, 2005):

Quadro 3: Alguns modelos utilizados no gerenciamento dos recursos hídricos

Nome	Tipo	Estrutura	Características	Usos
Precipitação-Vazão	determinístico; empírico; conceitual	comportamento	Calcula a vazão a partir da precipitação.	Extensão de séries de vazões; dimensionamento; previsão em tempo real; avaliação do uso do solo.
Vazão-Vazão	determinístico; empírico; conceitual		Calcula a vazão de uma seção a partir de um ponto a montante.	Extensão de séries de vazões; dimensionamento; previsão de cheias.
Geração estocástica de vazão	estocástico		Calcula a vazão com base em características da série histórica.	Dimensionamento do volume de um reservatório.
Fluxo saturado	determinístico		Determina o movimento, vazão potencial de águas subterrâneas a partir de dados de realimentação, bombeamento, etc.	Capacidade de bombeamento; nível do lençol freático; interação rio-aquífero, etc.
Hidrodinâmico	determinístico		Calcula a vazão em rios e canais.	Simulação de alterações do sistema; efeitos de escoamento de jusante.
Qualidade de água de rios e reservatórios	determinístico		Simula a concentração de parâmetros de qualidade da água.	Impacto de efluentes; eutrofização de reservatórios; condições ambientais.
Rede de canais e condutos	determinístico	comportamento e otimização	Otimiza o diâmetro dos condutos e verifica as condições de projeto.	Rede de abastecimento de água; rede de irrigação.
Operação de reservatórios	estocástico, determinístico	otimização	Determina a operação ótima de sistemas de reservatórios.	usos múltiplos.
Planejamento e gestão de sistemas múltiplos	estocástico, determinístico	comportamento, otimização e planejamento	Simula condições de projeto e operação de sistemas (faz uso de vários modelos).	reservatórios; canais; estações de tratamento; irrigação; navegação fluvial, etc.

Fonte: Tucci (2005)

Já o quadro 4, mostra diversas áreas de atuação da engenharia de recursos hídricos e os respectivos modelos empregados nos estudos relacionados a estes temas.

Quadro 4: Áreas de atuação e modelos de recursos hídricos

Area	Principais aspectos de recursos hídricos	Principais Modelos
Desenvolvimento urbano	<p><i>Abastecimento de água</i> : regularização, adução, tratamento e distribuição;</p> <p><i>Tratamento de esgoto</i> : rede de coleta, tratamento, despejo do efluente, impacto ambiental de efluente em rios, lagos, reservatórios e regiões costeiras;</p> <p><i>Drenagem urbana e controle de cheias</i> : rede de pluviais, obras hidráulicas, previsão de enchentes.</p>	<p>Precipitação-vazão; balanço de reservatório; modelo hidráulico da rede de condutos; hidráulica da rede de coleta; qualidade da água de rios, reservatórios, lagos e estuários.</p> <p>Precipitação-vazão para dimensionamento e previsão de cheias; amortecimento em reservatórios; remanso de rios e canais; qualidade da água de pluviais.</p>
Energia	<p><i>Projeto e operação de hidrelétricas</i> : disponibilidade hídrica, regularização para energia firme, projeto de vertedores, diques, condutos, previsão de afluências de vazões e operação hidráulica dos reservatórios em tempo real.</p>	<p>Precipitação-vazão para extensão de séries e previsão em tempo real para operação do sistema; balanço de reservatórios; hidráulico de rios e canais; modelos de dispositivos hidráulicos.</p>
Transporte	<p><i>Navegação</i> : canal de navegação, barragem e eclusa, manutenção dos sistemas, níveis e calados, portos.</p>	<p>Precipitação-vazão para estimar a vazão; modelos de rios para estimativa do calado e de operação de barragem.</p>
Produção agrícola	<p><i>Irrigação</i> : disponibilidade hídrica, regularização, necessidade hídrica agrícola e distribuição.</p>	<p>Precipitação-vazão; balanço de reservatórios; balanço agrícola; projeto e otimização de rede de canais.</p>
Controle ambiental	<p><i>Impacto de obras hidráulicas</i> : reservatórios, diques e polders, etc;</p> <p><i>Impacto devido ao despejo de efluentes</i> : efluentes industriais e domésticos;</p> <p><i>Impacto devido ao uso do solo rural e urbano</i> : erosão do solo, impermeabilização e rede de condutos.</p>	<p>Modelos hidráulicos e de qualidade da água de rios, reservatórios e cargas difusas; hidráulicos e de qualidade de água de lagos e estuários; precipitação-vazão; erosão e transporte hídrico.</p>
Controle de calamidades	<p><i>Rompimento de barragens</i> : eventos críticos;</p> <p><i>Cheias</i> : alerta para a população ribeirinha;</p> <p><i>Estiagens</i> : racionamento para abastecimento urbano e irrigação.</p>	<p>Modelos hidráulicos de rompimento de barragens; modelos precipitação-vazão e vazão-vazão em tempo real para estiagens e cheias.</p>
Gerenciamento de recursos hídricos	<p><i>Concessão do uso da água</i> ;</p> <p><i>Controle do uso e conservação da água</i> .</p>	<p>Modelos precipitação-vazão; regionalização de variáveis hidrológicas; modelos de balanço e escoamento em rios.</p>
Sistema de informações	<p><i>Cadastramento de usuários</i> ;</p> <p><i>Monitoramento de variáveis hidrológicas</i> .</p>	<p>Modelos hidrológicos para o preenchimento de falhas; precipitação-vazão; estatísticos; etc.</p>

Fonte: Tucci, 2005

Segundo Christofolletti (2004), a meta maior e as escolhas operacionais do planejamento ambiental e das tomadas de decisão estão relacionadas aos procedimentos de simulação de cenários futuros. A modelagem de cenários futuros encontra-se atualmente mais desenvolvida no campo das mudanças climáticas, mas há um conjunto de trabalhos realizando a modelagem em função das mudanças na quantidade e qualidade dos recursos hídricos, em cenários ecossistêmicos, geomorfológicos e econômicos.

O autor ainda complementa que a modelagem encontra seu maior desafio na proposição das organizações espaciais que sejam compatíveis com o desenvolvimento sustentável, promovendo a disposição espacial das atividades e a sua interação em busca do desenvolvimento econômico, do uso adequado dos recursos naturais e da melhoria da qualidade de vida.

3 - OBJETOS DE ESTUDO

Para o objeto de estudo foram selecionados 3 métodos de avaliação ambiental, sendo que todos foram aplicados em bacias hidrográficas. Para o embasamento da utilização da bacia hidrográfica como objeto em comum entre os métodos, foram entrevistados nesta pesquisa os especialistas como Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiondo e Prof. Dr. Marcelo Pereira de Sousa (anexo 1). Estes possuem opiniões divergentes quanto à adoção da bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, mas ambos concordam que, ao olhar para um recorte de águas superficiais, a bacia hidrográfica passa a ter uma importância grande e é fundamental na gestão de recursos hídricos no município. Nestas entrevistas também foram discutidas questões a respeito dos instrumentos de planejamento ambiental, sobre a disseminação dos métodos de avaliação ambiental e os conflitos entre sofisticação, qualidade das informações e facilidade de aplicação.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo tem sido defendida em diversos trabalhos (Odum, 1988; Pires e Santos, 1996; Espíndola et al., 2000; Schiavetti e Camargo, 2002). As bases ecológicas que justificam essa escolha são apresentadas e discutidas em Rocha et al. (2000), para os quais o emprego da bacia como unidade de análise ambiental teve origem na percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos, trocam matéria e energia entre si e com os ecossistemas ao redor, além de sofrerem diferentes formas de alteração decorrentes das atividades antrópicas existentes.

A bacia hidrográfica denota o conceito de integração ambiental, sendo que seu uso e aplicação para estudos que tratem de problemas ambientais são considerados de fundamental importância, pois a mesma contém informações físicas, biológicas e sócio-econômicas inter-relacionadas.

Este fato facilita a comparação entre estes, pois teoricamente eles possuirão objetivos semelhantes e conseqüentemente indicadores semelhantes. A pequena disponibilidade de água doce no planeta associada ao consumo cada vez maior nos centros urbanos, industriais e agrícolas faz com que as bacias hidrográficas sejam valiosos objetos de estudos para o aproveitamento racional dos recursos hídricos.

Os métodos selecionados foram: o SWAT que é um modelo de simulação hidrológica, o qual pode ser integrado com o ARCVIEW que é um software para a análise espacial, baseado em SIG e que utiliza álgebra de mapas (método de superposição de cartas); o Método PESMU o qual utiliza primeiramente um *checklist* para os dados de entrada, fluxogramas de decisão, uma matriz de interação e um quadro resumo para a síntese das informações e o Método AMORIM & CORDEIRO o qual foi desenvolvido a partir de um *checklist* dos indicadores de sustentabilidade e a seleção destes foi feita por uma matriz de interação, resultando em uma ficha de caracterização com indicadores que deverão ser ponderados de acordo com a condição do local estudado, além do diagnóstico fotográfico.

3.1 Métodos de Avaliação Ambiental Estudados

3.1.1 AMORIM & CORDEIRO

O método Amorim & Cordeiro fundamentou-se, inicialmente, em uma pesquisa teórica sobre ocupação comumente encontrada em fundos de vale nas cidades brasileiras, que possibilitou a identificação de três tipologias principais:

Tipologia 1: Caracterizada por intensa apropriação urbana do fundo de vale, destacando-se avenidas marginais ou ruas asfaltadas, loteamentos/edificações e assentamentos informais. O curso d'água foi observado tanto no estado natural (figura 16 e 17) como no modificado (figura 18 e 19), com intensa impermeabilização.

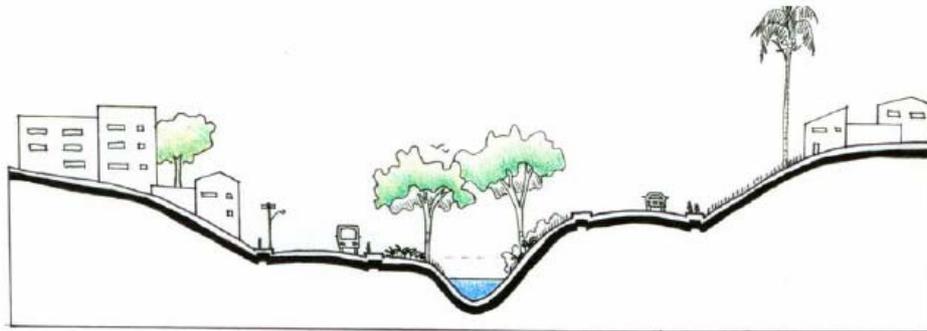


Figura 16: Ocupação de fundo de vale por avenidas marginais e loteamentos (curso d'água não modificado).

Fonte: Amorim (2004).



Figura 17: Ocupação de fundo de vale por assentamentos informais (curso d'água não modificado).

Fonte: Amorim (2004).

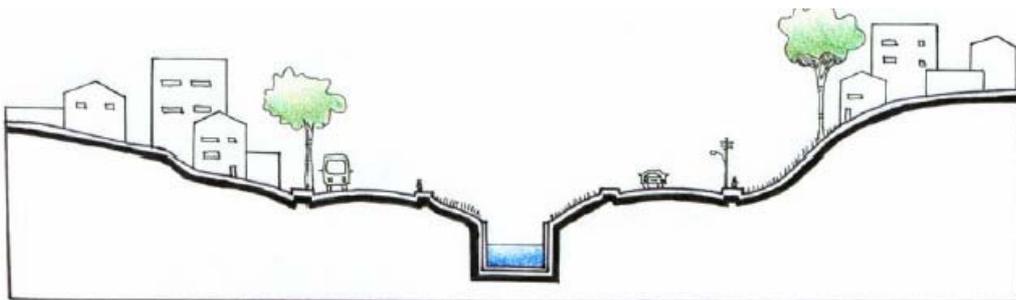


Figura 18: Ocupação de fundo de vale por avenidas marginais e loteamentos (curso d'água canalizado).

Fonte: Amorim (2004).

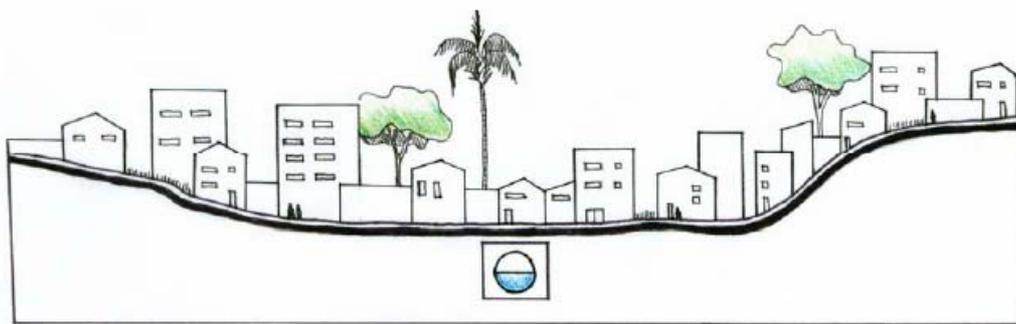


Figura 19: Ocupação de fundo de vale por edificações (curso d'água tamponado).

Fonte: Amorim (2004).

Tipologia 2: Destaque de áreas verdes (parques, bosques, áreas de lazer, etc), áreas de hortifruticultura, áreas para eventos itinerantes e áreas para retenção de água. Com o curso d'água encontrado em seu estado natural ou sem modificações significativas (figura 20).

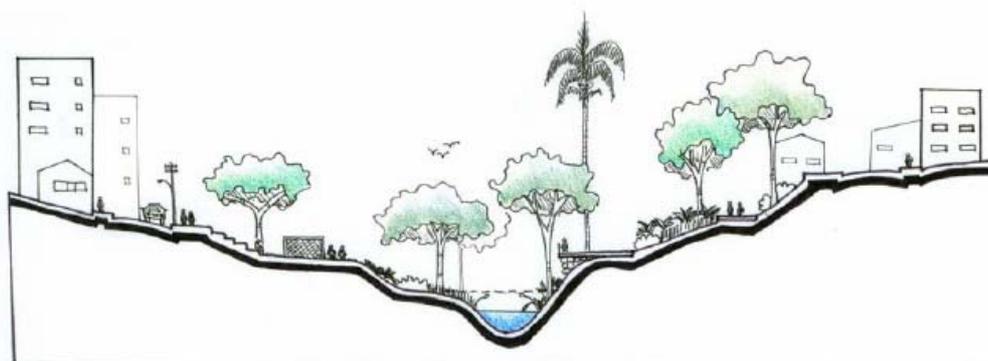


Figura 20: Ocupação de fundo de vale por áreas de lazer e áreas esportivas (áreas verdes).

Fonte: Amorim (2004).

Tipologia 3: Pouco encontrada nas cidades brasileiras, foi caracterizada por constar mata ciliar nativa pouco modificada ou com mata reflorestada, ausência de modificações no curso d'água e ausência de impermeabilizações (figura 21).

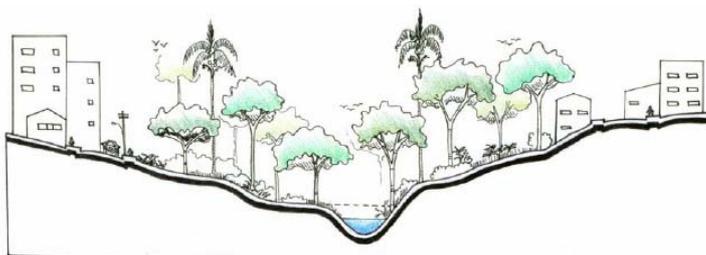


Figura 21: Ocupação de fundo de vale pela mata ciliar na situação natural.

Fonte: Amorim (2004).

A partir destas tipologias foram listados os principais impactos, com os potenciais positivos e negativos. Para facilitar a avaliação foi utilizado o método de matriz de interação para identificar a valoração dos impactos e para a percepção visual foi feita uma escala cromática ao invés da numeração de 1 a 10. Em consequência desta dinâmica, e posterior discussão dos efeitos, foram criados doze critérios ambientais, que foram utilizados para o desenvolvimento do Método Amorim & Cordeiro na busca de alternativas para ocupação de fundos de vale em áreas urbanas.

O Método foi aplicado duas vezes, primeiramente por Amorim (2004) no Córrego Mineirinho em São Carlos – SP e posteriormente por Junqueira e Silva (2005) no Córrego Santa Maria do Leme também em São Carlos. A aplicação iniciou-se com uma subdivisão dos córregos, separados de acordo com a observação em campo e a partir de fotos aéreas, objetivando a obtenção de trechos homogêneos. Estabelecendo uma demarcação para a avaliação, de 50 m de largura, a partir do talvegue do curso para um lado e para o outro.

Em seguida, foi feito um diagnóstico fotográfico do curso do córrego, juntamente com a utilização de fichas de avaliação que foram preenchidas no local. O percurso foi feito a pé para que houvesse maior riqueza de informações. Estas fichas de avaliação são baseadas em 12 critérios de ocupação que se subdividem em 15 parâmetros de avaliação. Sua pontuação está variada entre os valores 1 e 5, sendo que o número 5 é a situação ideal, sem impactos negativos para o ambiente e correspondência máxima ao critério. Já o número 1 indica os maiores impactos negativos e o maior distanciamento em relação ao critério.

Os parâmetros utilizados para a avaliação são: tipo de ocupação do fundo de vale, permeabilidade do solo, presença de mata ciliar nativa, presença de áreas reflorestadas, interconectividade, qualidade da água do curso d'água, enchentes e inundações urbanas, assoreamento do curso d'água, erosão das margens do curso d'água, alteração da topografia, modificação do curso d'água, respeito à legislação incidente, permeabilidade da bacia hidrográfica, grau de identificação e valorização pela população e qualidade estética e paisagística. A análise dos resultados foi feita através dos 15 parâmetros da ficha de avaliação (Quadro 5) que, relacionados a valores numéricos, funcionaram como indicadores de sustentabilidade para usos de fundos de vales.

Quadro 5: Ficha de Avaliação da ocupação de trechos de fundos de vale

<i>Curso d'água:</i>			
<i>Trecho Avaliado:</i>			
<i>Data da coleta de dados:</i>			
Parâmetro	Pontuação		Comentários
1. Tipo de ocupação do fundo de vale			
Sem ocupação antrópica	5		
Área verde	4		
Caminho / trilha sem asfaltamento	4		
Hortifruticultura	3		
Retenção de água	3		
Eventos itinerantes	3		
Pecuária / pastagem	3		
Agricultura	2		
Loteamentos / edificações	2		
Ruas / avenidas marginais	2		
Assentamentos informais	1		
2. Permeabilidade do solo			
Ausência de impermeabilização	5		
Menos de 25% de impermeabilização	4		
25% a 50% de impermeabilização	3		
50% a 75% de impermeabilização	2		
Mais de 75% de impermeabilização	1		
3. Presença de mata ciliar nativa			
Presença de mais de 75%	5		
Presença de 50% a 75%	4		
Presença de 25% a 50%	3		
Presença de menos de 25%	2		
Ausência de mata ciliar	1		

Parâmetro	Pontuação		Comentários
4. Presença de áreas reflorestadas			
Presença de mais de 75%	5		
Presença de 50% a 75%	4		
Presença de 25% a 50%	3		
Presença de menos de 25%	2		
Ausência de áreas reflorestadas	1		
5. Interconectividade			
Presença de muitos trechos conectados	5		
Presença de poucos trechos conectados	3		
Ausência de trechos conectados	1		
6. Qualidade da água do curso			
Classe 1	5		
Classe 2	4		
Classe 3	3		
Classe 4	2		
7. Enchentes e inundações			
Ausência de enchentes e inundações	5		
Presença de inundações esporádicas	4		
Presença de inundações periódicas	3		
Presença de enchentes esporádicas	2		
Presença de enchentes periódicas	1		
8. Assoreamento do curso d'água			
Ausência de assoreamento	5		
Presença de poucos pontos assoreados	3		
Presença de muitos pontos assoreados	1		
9. Erosão das margens do curso d'água			
Ausência de erosão	5		
Presença de poucos pontos erodidos	3		
Presença de muitos pontos erodidos	1		
10. Alteração da topografia			
Ausência de alteração	5		
Presença de poucos trechos alterados	3		
Presença de muitos trechos alterados	1		
11. Modificação do curso d'água			
Sem modificações	5		
Obstruções no canal	4		
Estrangulamento	3		
Diques	3		
Retificação	2		
Canalização	2		
Tamponamento	1		
12. Respeito à legislação incidente			
Atende à legislação	5		
Não atende à legislação	1		

Parâmetro	Pontuação		Comentários
13. Permeabilidade da bacia hidrográfica			
Ausência de impermeabilização	5		
Menos de 25% de impermeabilização	4		
25% a 50% de impermeabilização	3		
50% a 75% de impermeabilização	2		
Mais de 75% de impermeabilização	1		
14. Grau de identificação e valorização pela população			
Alto	5		
Médio	3		
Baixo	1		
15. Qualidade estética e paisagística			
Alta	5		
Média	3		
Baixa	1		
Pontuação Total			

Fonte: Amorim, 2004.

Quando houver mais de uma característica em cada parâmetro de avaliação, faz-se uma média dos valores para gerar um número de 1 a 5.

3.1.2 PESMU

Segundo Silva e Teixeira (1999), o método PESMU (Planejamento Estratégico e Sustentável do Meio Urbano) foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa de Planejamento Estratégico e Sustentável do Meio Urbano, na UFSCar, com o financiamento da Caixa Econômica Federal, sob a ótica da dimensão ecológica da sustentabilidade, a qual prevê segundo PESMU “a utilização dos recursos naturais existentes nos diferentes ecossistemas, de forma a provocar um nível mínimo de depleção do seu potencial”, sendo as demais dimensões da sustentabilidade mantidas como campos de interação, objetivando a constituição de um sistema de análise e avaliação que acompanhe as diferentes etapas do projeto (concepção, execução e uso), de forma articulada.

As diretrizes que caracterizam a dimensão ecológica da sustentabilidade foram sistematizadas e constituíram o eixo principal sobre o qual o Método foi construído, sendo elas: renovação dos recursos naturais, predominância de resultados positivos na soma

dos impactos causados pela interação homem e meio ambiente, não geração de rejeitos, recuperação e reinserção dos sistemas degradados.

O Método estruturou-se combinando oito variáveis de controle ambientais com seis elementos do urbanismo e oito do fluxo da água no meio urbano, sendo composto por diferentes instrumentos relacionados esquematicamente a seguir.

Listagem de informações para caracterização do empreendimento – é uma listagem necessária à aplicação do Método que traz informações sobre o local antes da implantação, a área envoltória e as características técnicas do projeto em análise. As mesmas são elaboradas de acordo com a tipologia de intervenção devendo de maneira a atender a demanda de informações parametrizadas pelas variáveis de controle adotadas;

Fichas de caracterização e análise de fatores - são fichas onde se expõe cada um dos dezesseis fatores das variáveis de controle, contendo a definição e descrição dos mesmos, formas de aferição para análise e avaliação dos fatores, escala geográfica do evento e as principais inter-relações dos mesmos, além das informações sobre as características de cada fator. Estas contêm os fluxogramas de decisão, que devem auxiliar o preenchimento das células da matriz de análise de sustentabilidade, sendo estruturados para orientar o resultado da análise do cruzamento para as possíveis situações relacionadas à qualificação. Estas fichas estão descritas no anexo 2.

Matriz de análise de sustentabilidade ecológica (quadros 6 e 7) - é o instrumento que possibilita o cotejamento entre as intervenções urbanas e as variáveis de controle, sendo estas identificadas e decompostas em fatores e critérios de referência. É estruturada tendo nas linhas as variáveis de controle e seus respectivos fatores e critérios, e nas colunas as intervenções urbanas com os respectivos componentes do urbanismo.

Quadro 6: Matriz de Sustentabilidade Ecológica (urbanismo)

			Intervenções Urbanas						
			URBANISMO						
			geometria do parcelamento		uso do solo		Tipologias construtivas		
			A1	A2	B1	B2	C1	C2	
Variáveis de controle		Fator	Critério	Arruamento	Lote	Implantação	Uso	Geometria da edificação	Material
CAPACIDADE SUPORTE DOS RECURSOS NATURAIS	Solo	Erosão	Perda de Solo						
		Contaminação	Deposição de contaminantes						
	Água	Disponibilidade	Política de conservação						
		Qualidade	Alteração						
	Vegetação	Cobertura vegetal	Variação da Cobertura Vegetal						
		Cobertura com espécies nativas	Variação da Cobertura Vegetal Nativa						
Ar	Qualidade	Emissões atmosféricas							
CLIMA		Microclima	Conforto ambiental						
ENERGIA		Consumo	Política de redução						
		Matriz	Incidência de fontes renováveis						
RESÍDUOS		Geração	Política de minimização						
		Destinação	Adequação dos processos						
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	Ambiente construído	Dispersão	Taxa de ocupação e índice de aproveitamento						
	Águas residuárias e pluviais		Aproximação aos ciclos naturais						
ECOSSISTEMAS DE ESPECIAL INTERESSE		Impactos Negativos+D34	Dano ao objeto de interesse+E33						
ECOSSISTEMAS DE ESPECIAL INTERESSE		Frágeis	Impactos negativos	Dano ao objeto de interesse					
		Protegidos							
BENEFÍCIOS AMBIENTAIS		Impactos Positivos	Ações de regeneração, conservação, preservação						
RISCOS AMBIENTAIS		Ocorrência	Potencial						

Fonte: Silva e Teixeira, 1999.

Quadro 7: Matriz de Sustentabilidade Ecológica (fluxos de água)

			Intervenções Urbanas							
			FLUXO DA ÁGUA NO MEIO URBANO							
			Sistema de abastecimento de água				Sistema de esgotamento sanitário		Sistema de drenagem	
Variáveis de controle	Fator	Critério	D1	D2	D3	D4	E1	E2	F1	F2
			Captação	Transporte	Tratamento	Distribuição	Coleta e Transporte	Tratamento e Disposição	Micro-drenagem	Macro-Drenagem
CAPACIDADE SUPORTE DOS RECURSOS NATURAIS	Solo	Erosão	Perda de Solo							
		Contaminação	Deposição de contaminantes							
	Água	Disponibilidade	Política de conservação							
		Qualidade	Alteração							
	Vegetação	Cobertura vegetal	Variação da Cobertura Vegetal							
		Cobertura com espécies nativas	Variação da Cobertura Vegetal Nativa							
Ar	Qualidade	Emissões atmosféricas								
CLIMA	Microclima	Conforto ambiental								
ENERGIA	Consumo	Política de redução								
	Matriz	Incidência de fontes renováveis								
RESÍDUOS	Geração	Política de minimização								
	Destinação	Adequação dos processos								
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	Ambiente construído	Dispersão	Taxa de ocupação e índice de aproveitamento							
	Águas residuárias e pluviais		Aproximação aos ciclos naturais							
ECOSSISTEMAS DE ESPECIAL INTERESSE	Frágeis	Impactos Negativos+D34	Dano ao objeto de interesse+E33							
	Protegidos	Impactos negativos	Dano ao objeto de interesse							
BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	Impactos Positivos	Ações de regeneração, conservação, preservação								
RISCOS AMBIENTAIS	Ocorrência	Potencial								

Fonte: Silva e Teixeira, 1999.

- *Quadro resumo de tendência à sustentabilidade (quadro 8)*– este quadro contém todos os subcomponentes das intervenções urbanas, qualificando cada um quanto à quantificação dos resultados obtidos na Matriz, identificando as principais causas das tendências desfavoráveis à sustentabilidade e sugere correções possíveis para resolver as situações desfavoráveis encontradas. O quadro possibilita além da quantitativa, uma análise qualitativa do projeto em estudo através da ponderação favorável (F), desfavorável (D), neutro (N), insuficiente (I), inexistente (X).

Quadro 8: Quadro Resumo

SUB COMPONENTE	F	D	N	I	X	PRINCIPAIS CAUSAS DA TENDÊNCIA DESFAVORÁVEL	CORREÇÕES POSSÍVEIS
Arruamento							
Lotes							
Implantação							
Ocupação							
Geometria da edificação							
Materiais							
Captação							
Transporte							
Tratamento							
Distribuição							
Coleta e Transporte							
Tratamento e Disposição							
Microdrenagem							
Macro drenagem							

Fonte: SILVA e TEIXEIRA, 1999.

Um dos princípios estabelecidos pelo PESMU é o de que o Método deve comportar um sistema de auto-avaliação que garanta uma verificação contínua de sua consistência em relação à realidade, e que deve ser de fácil operacionalidade em sua manipulação com precisão de critérios e parâmetros.

Este Método foi aplicado por Figueiredo (2000) nos municípios de Itu/SP, São Carlos/SP, Ribeirão Preto/SP, Taquarituba/SP e Elias Fausto/SP em projetos de sistemas urbanos de água e por Vianna (2002) no município de Ribeirão Preto aplicado em áreas de fundos de vale. Estas aplicações permitiram que informações bastante úteis fossem levantadas, abrangendo desde modificações nos instrumentos do Método até

recomendações quanto à possibilidade de incorporação de novas informações e instrumentos.

3.1.3 SWAT

O desenvolvimento do SWAT é uma continuação do USDA experiência de modelagem que abrange um período de aproximadamente 30 anos. Na origem do SWAT podem ser rastreados modelos desenvolvidos na USDA-ARS, incluindo o modelo CREAMS (trabalha com produtos químicos, enxurrada e erosão de sistemas de gestão agrícola), o modelo GLEAMS, o qual trabalha com as águas subterrâneas carregando efeitos sobre os sistemas de gerenciamento agrícolas (LEONARD *et al.*, 1987), e o modelo EPIC que lida com a política de impacto ambiental sobre o Clima (IZAURRALDE *et al.*, 2006).

O atual modelo SWAT – Soil and Water Assessment Tool foi desenvolvido pelo departamento de agricultura dos E.U.A. para simular processos hidrológicos à escala da bacia hidrográfica (no anexo 3 estão descritas as equações desta modelagem) . Ele é descendente da junção de dois modelos: o modelo Simulator for Water Resources in Rural Basins – SWRRB (WILLIAMS *et al.* 1985 e ARNOLD *et al.* 1990), desenvolvido com o objetivo de simular o impacto do manejo do solo sobre a produção de água, sedimentos, nutrientes e pesticidas e o modelo Routing Outputs to Outlet – ROTO (ARNOLD *et al.* 1995), que propaga através do canal e reservatório a produção de água e sedimentos das diversas sub-bacias simuladas.

Uma das principais tendências do desenvolvimento do SWAT é o aparecimento de modelos modificados deste, que foi adaptado para fornecer uma melhoria à simulação de processos específicos, o que em alguns casos têm-se centrado em regiões específicas.

A primeira modificação foi o SWAT-G, alterando o SWAT 99.2 na percolação, condutividade hidráulica e funções para fornecer previsões de fluxo, típica para as condições em baixas cordilheiras na Alemanha (LENHART *et al.*, 2002). Outras adaptações do SWAT-G inclui acessórios para um melhor método de estimativa de perda por erosão (LENHART *et al.*, 2005) e um estudo mais aprofundado sobre a quantidade de

CO₂ e dos efeitos sobre o índice de área foliar e condutância estomática (ECKHARDT e ULBRICH, 2003).

O modelo ESWAT (VAN GRIENSVEN e BAUWENS, 2003 e 2005) apresenta diversas modificações perante o modelo original SWAT incluindo: (1) periodicidade, insumos de precipitação e infiltração, escoamento superficial, erosão e perda. A partir de estimativas baseadas em definições do usuário de fração de hora; (2) um roteamento do módulo rio que é atualizado a cada hora e tem interface com um componente de qualidade da água que caracteriza a cinética de fluxo baseado parcialmente em funções usadas em QUAL2E, bem como outras melhorias; e (3) análise multiobjetivo e autocalibração dos módulos (semelhantes componentes estão agora incorporados em SWAT2005).

O modelo SWIM baseia-se principalmente em componentes hidrológicas do SWAT e no ciclo de nutrientes, componentes do modelo MATSALU (KRYSANOVA *et al.*, 1998, 2005), o qual foi concebido para simular em uma “escala intermediária” (100 a 100000 km²) bacias hidrográficas. As recentes melhorias no SWIM incluem a incorporação de um submodelo da dinâmica subterrânea (HATTERMAN *et al.*, 2004), o reforço da capacidade de simular sistemas de florestas (WATTENBACH *et al.*, 2005), e desenvolvimento de rotinas mais realistas para simular zonas úmidas e ribeirinhas (HATTERMAN *et al.*, 2006).

A figura 22 mostra a evolução do modelo SWAT e suas adaptações:

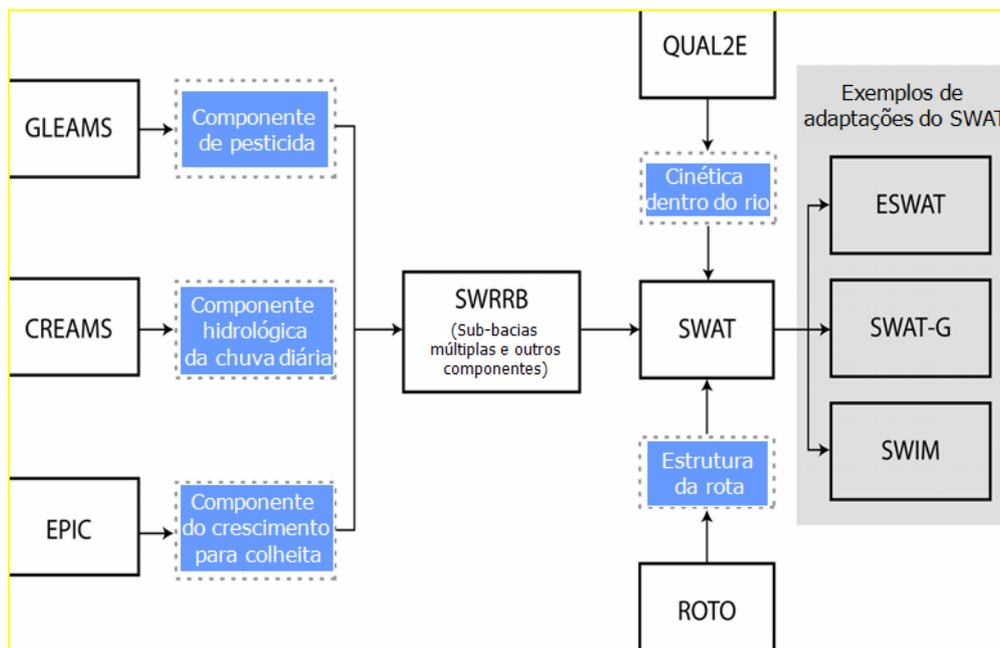


Figura 22: Esquema do histórico do SWAT, incluindo suas adaptações.

Fonte: Gassman *et al*, 2007.

O modelo opera em simulação contínua de vários anos e corre diretamente dentro de um SIG (o ArcView), facilitando a incorporação da informação espacial e oferecendo novas perspectivas para o estabelecimento e implementação de políticas ambientais e objetivando a redução de impactos das atividades antrópicas (OLIVEIRA, 1999). Ele parte do Modelo Numérico de Terreno (MNT), utiliza as cartas de pedologia e uso do solo e dados climáticos para a interface com o SWAT. Na figura 23 está esquematizado o funcionamento do SWAT e sua interação com o ARCVIEW.

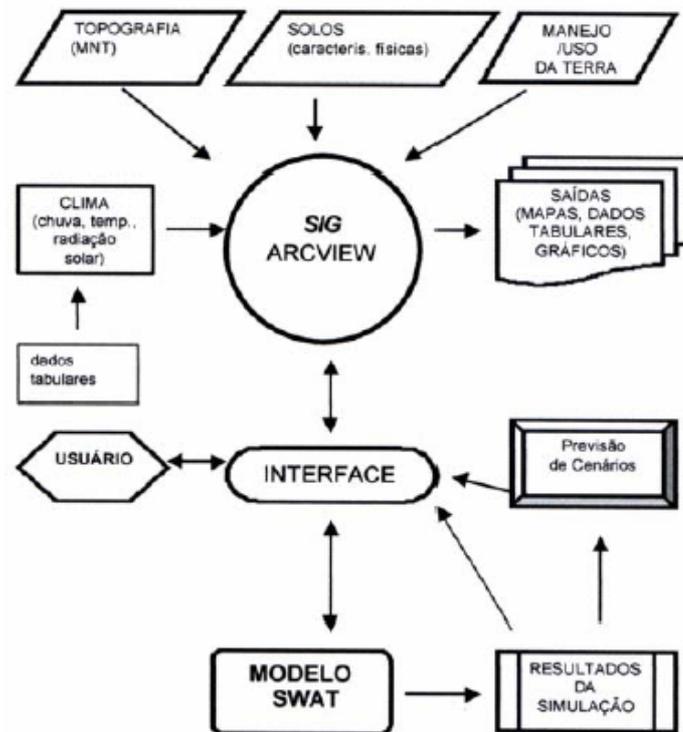


Figura 23: Sistematização do modelo SWAT

Fonte: MACHADO, 2002

Para Machado (2002) a modelagem hidrológica e SIG's têm evoluído para o ponto em que as vantagens de cada sistema podem ser totalmente integradas dentro de uma poderosa ferramenta de análise em bacias hidrográficas.

Segundo Gassman *et al* (2007), uma interface do SWAT compatível com o ArcGIS versão 9.1 (ArcSWAT) foi recentemente desenvolvida, e utiliza um geodatabase (banco de dados geográfico) e uma programação coerente com estrutura Component Object Model (COM) protocolo (OLIVERA *et al.*, 2006; SWAT, 2007a). Um ArcGIS 9.x versão do AGWA (AGWA2) também está sendo desenvolvido e espera-se que seja liberada em breve (USDA-ARS, 2007).

O modelo SWAT é do tipo distribuído e a bacia hidrográfica pode ser subdividida em sub-bacias de modo a refletir as diferenças do uso e tipo de solo, cobertura vegetal e topografia. Como o modelo SWAT é baseado em características físicas da bacia (figura 24), este necessita, por parte do usuário, do conhecimento de dados sobre condições meteorológicas, propriedades físicas e químicas do solo, topografia e práticas de manejo

realizadas na bacia. Usando estes dados como entrada, o modelo SWAT é capaz de avaliar o transporte de sedimentos, fluxo de água e cobertura vegetal. Isto permitirá ao usuário modelar bacias hidrográficas e quantificar o impacto das mudanças na qualidade da água, permitindo simular vários processos físicos diferentes em uma mesma bacia hidrográfica (SHAW, 2001).

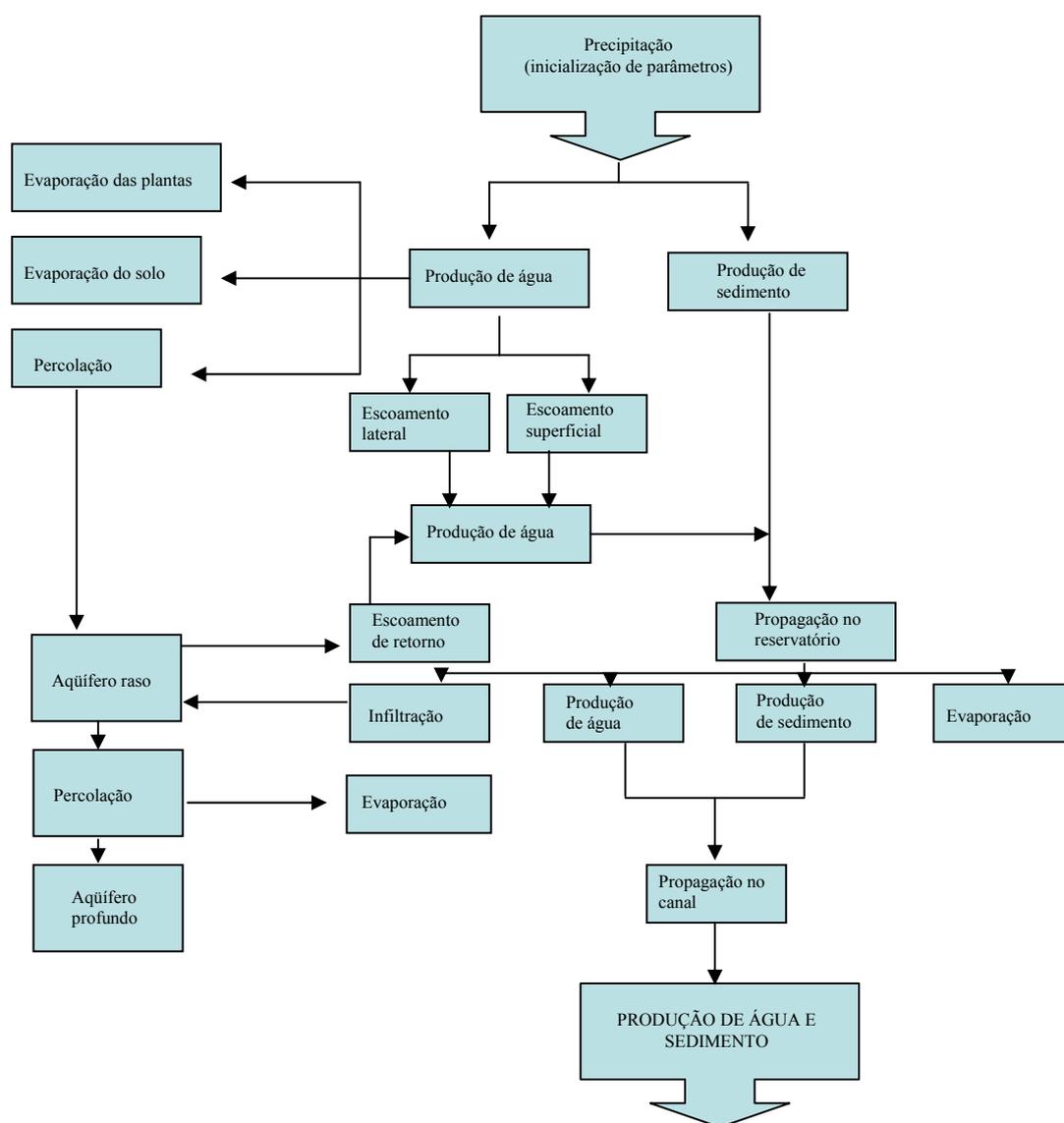


Figura 24: Fluxograma de processamento do SWAT

Fonte: Grossi (2003), modificado de King *et al*, 1996.

O modelo requer dados diários de precipitação (mm H₂O), temperatura máxima e mínima do ar (°C), radiação solar incidente (MJ/m²/dia), velocidade do vento

(m/s), e umidade relativa do ar (%). Assim definem-se os parâmetros climáticos diários para a bacia, que são inseridos no banco de dados do ARCVIEW (figura 25).

O SWAT necessita de dados de entrada de clima diários e médios anuais. No modelo gerador climático (WXGEN) do SWAT deve conter dados médios necessários para gerar dados climáticos diários que são gerados pelo modelo em 2 situações: quando é especificado que os dados irão ser gerados, ou quando algum dado está faltando (Sharpley & Williams, 1990). Segundo Pontes & Fernandes (2002), para a obtenção de resultados confiáveis a escolha das estações devem seguir dois critérios: o primeiro é que as séries de dados pluviométricos das estações devem ser superiores a 10 anos (exigência do modelo) e o segundo é que as estações situem-se na mesma isozona

Figura 25: Janela de entrada dos dados climáticos no SWAT

Fonte: BALDISSERA, 2005

Na figura 26 o modelo pede os dados de entrada no SWAT para o parâmetro do solo, os quais são associados às categorias do solo, no ARCVIEW, e especificada no PI pedológico. O banco de dados de solo requer informações das características físico-hídricas de cada classe de solo, como os grupos de saturação (HYDGRP), a profundidade de raiz

(SOL_ZMX), porosidade aparente (SOL_BD), capacidade de água no solo (SOL_AWC), condutividade hidráulica saturada (SOL_K), erodibilidade (USLE_K), albedo (SOL_ALB), carbono orgânico (SOL_CBN) e porcentagem de argila, silte, areia e seixo.

By Soil		By Layer	
SNAM	AE	SOL_Z	130.00 [mm]
NLAYERS	4 [1 to 10]	SOL_BD	1.60 [g/cm ³]
HYDGRP	B [A, B, C or D]	SOL_AWC	1.00 [mm/mm]
SOL_ZMX	1400.00 [mm]	SOL_K	325.00 [mm/hr]
ANION_EXCL	0.400 [fraction]	SOL_CBN	1.70 [% soil weight]
SOL_CRK	0.000 [m ³ /m ³]	CLAY	13.70 [% soil weight]
TEXTURE		SILT	56.70 [% soil weight]
		SAND	29.60 [% soil weight]
		ROCK	0.00 [% vol]
		SOL_ALB	0.16 [fraction]
		USLE_K	0.16 [0.013 t n ² hr/(m ³ t cm)]
		SOL_EC	1.00 [dS/m]

Figura 26: Janela de entrada dos dados de solo no SWAT, para classe de solo e em cada horizonte

Fonte: Baldissera, 2005

A calibração do modelo é necessária para se reduzirem as incertezas dos resultados obtidos através da simulação, para isto são separadas uma série temporal de dados medidos em dois períodos, uma para a calibração e outra para a validação do modelo, pois o parâmetro é rodado com os mesmos parâmetros de entrada para o período de validação e assim um ajuste é determinado (ARNOLD *et al*, 2000). Os métodos de calibração automática podem melhorar estes resultados. O modelo SWAT foi calibrado utilizando esta técnica, sendo constatada uma alta eficiência do modelo (DUAN *et al.*, 1994).

Segundo Gassman *et al* (2007), uma variedade de outras ferramentas foram desenvolvidas, para apoiar execuções de SWAT simulações, incluindo: (1) o interativo

SWAT (i_SWAT) software, que apóia as simulações do SWAT utilizando uma interface com um acesso à base de dados no Windows (CARD, 2007); (2) um programa de conservação e suporte à decisão (Conservation Reserve Program –CRP e Decision Support System -CRP-DSS), desenvolvido por Rao *et al.* (2006), (3) o AUTORUN sistema utilizado por Kannan *et al.* (2007b), o que facilita as repetidas simulações do SWAT com as variações dos parâmetros selecionados; e (4) uma interface genérica (ISWAT) programa (ABBASPOUR *et al.*, 2007), que automatiza o parâmetro seleção e agregação de iterativo SWAT na calibração das simulações.

4 – MÉTODO DA PESQUISA

4.1 Critérios de análise

Neste momento foram elencados vários critérios de análise baseados na tese de FIDALGO (2003), a qual desenvolveu critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais, e adaptados para o objeto de estudo abordado em questão.

Estes critérios foram selecionados abordando os dados de entrada, as técnicas empregadas e os indicadores, priorizando a visão dos tomadores de decisão e seus eventuais problemas, além de avaliar se os métodos priorizam capacidade de suporte do meio como seu objetivo fundamental.

A seguir, foi feita uma explanação sobre os critérios que serão avaliados e as suas regras para a análise:

a) Confiabilidade, validade científica e padronização dos dados de entrada.

A confiabilidade e a validade científica se referem à clareza e objetividade dos procedimentos descritos para sua obtenção e ainda, à possibilidade de serem repetidos gerando o mesmo resultado. É importante que o método para a obtenção dos dados - envolvendo a amostragem, a coleta, o registro, análise e seu resultado final - siga normas e padrões técnicos e científicos estabelecidos ou, na inexistência de padrões, que o método tenha sido empregado anteriormente e seus resultados avaliados, também deve ser analisada a sua fonte.

Um aspecto importante na análise da validade científica está em verificar se é bem fundamentada a opção pelo emprego de um método quantitativo ou qualitativo. Uma abordagem quantitativa deve ser preferida quando é possível realizá-la, porém, como afirma Hirvonen (1992), uma abordagem qualitativa pode ser mais apropriada quando a determinação quantitativa contém muitas incertezas. Isto foi observado por Ranieri (1996) ao comparar um método qualitativo e outro quantitativo para determinação do risco de erosão em uma bacia hidrográfica. A autora concluiu que, embora o método quantitativo

utilizado fosse mais objetivo, por se basear em informações concretas e mensuráveis, problemas na adaptação do método para aplicá-lo na área de estudo resultaram em erros. No caso específico desse estudo, o método qualitativo se mostrou mais adequado.

Consideram-se dados de boa qualidade, quanto à confiabilidade, os que apresentam uma origem conhecida, sendo proveniente de estatísticas oficiais ou base de dados reconhecida e consolidada, ou então se os procedimentos de obtenção garantam a qualidade dos mesmos, com representação de resultados de testes e medidas de erro que atestem a qualidade.

Considera-se o método de boa qualidade quando pressupõe a análise integrada dos elementos do meio contemplando a maioria dos dados e temas tratados no diagnóstico, integrando os aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos; quando for descrito com clareza e objetividade de forma a permitir a reprodução dos resultados e quando a sua escolha for bem justificada e fundamentada.

Quanto à padronização dos dados, dificilmente se trabalha em condições ideais, em que todos os dados são compatíveis. Geralmente há a necessidade de realizar transformações e adequações para integrá-los. Para tal, é fundamental conhecer o dado, seu conteúdo, como foi obtido e o que representa seu resultado, bem como explicitar e justificar com clareza as regras para sua padronização. Neste caso, são considerados: o fornecimento na descrição dos dados a serem integrados, os elementos necessários para compreender seus conteúdos e o que representa seus resultados; a identificação dos casos em que são necessárias transformações e adequações dos dados para permitir sua integração; a apresentação dos procedimentos e regras para a realização das transformações e adequações; e se os procedimentos e regras apresentados são justificados e descritos com clareza.

b) Exatidão Temporal e capacidade de representar a evolução e a dinâmica do ambiente.

Lane (1997) utiliza o termo exatidão temporal para indicar a qualidade dos dados em relação ao momento do evento que eles representam. Ele corresponde à capacidade do dado em representar as condições ambientais do momento de interesse. Considera-se que o critério exatidão temporal é atendido quando o intervalo de tempo decorrido entre a

aquisição do dado e o momento a ser representado for correspondente à dinâmica do ambiente e a capacidade de suporte.

Já na capacidade de representar a evolução e a dinâmica do ambiente é verificado se os dados são capazes de representar essa variabilidade para a compreensão da evolução e dinâmica do ambiente. Para isto, o conjunto de dados deve abranger três aspectos: o primeiro se refere ao uso de séries temporais obtidas em intervalos de tempo entre coletas e período de coleta de dados suficientes para a representação dos fenômenos cíclicos ou sazonais; o segundo, à representação dos fenômenos de interesse (diante dos objetivos do planejamento e dos processos que ocorrem na área de estudo) associados a eventos históricos de forma a refletir seus efeitos e o terceiro aspecto se refere à capacidade de expressar as dinâmicas do passado.

Deve-se verificar se o conjunto de indicadores abrange três aspectos: permite a compreensão da evolução do ambiente e a influência das dinâmicas do passado no contexto atual, expressa a dinâmica atual, e estabelece relações entre os principais eventos históricos e seus efeitos ao ambiente.

c) Representatividade dos temas e relevância.

A representatividade se refere à abrangência dos dados em relação aos temas cujo estudo é necessário para atender aos objetivos definidos no planejamento e para a compreensão dos elementos e processos que ocorrem na área de estudo. Verificando se os dados atendem quanto às questões legais, aos aspectos físicos, biológicos, sócio-econômicos e políticos; e se contemplam a compreensão dos elementos e processos que ocorrem na área de estudo diante dos objetivos do planejamento. Além de verificar se o levantamento dos dados é relevante diante dos objetivos do planejamento.

Os problemas resultantes do uso de dados irrelevantes ou desnecessários estão na elevação dos custos e aumento do tempo gasto devidos ao levantamento, armazenamento e processamento desses dados; e ainda, na possibilidade de gerar resultados enganosos ao interferir nesses de forma tendenciosa. Consideram-se os dados e indicadores relevantes quando apresentam relação com os elementos e processos que ocorrem na área de estudo diante dos objetivos do planejamento; e necessários quando se encontram

distribuídos entre todos os temas tratados, não se observando um excessivo número de dados associado a algum tema específico, nem o uso desnecessário de diferentes dados para expressar o mesmo tipo de informação. Ainda, considera-se que o conjunto de indicadores representa os aspectos ambientais relevantes quando estes: refletem o resultado de uma análise integrada do conjunto de dados e temas analisados de forma interdisciplinar; expressa o potencial ou restrição de uso, as fragilidades e os problemas e conflitos existentes; e caracteriza o estado do ambiente, as pressões exercidas sobre ele e as respostas da sociedade.

d) Facilidade de aplicação e custo

Este parâmetro se refere ao prazo de aplicação quanto ao cronograma, o tipo de tecnologia empregada, os recursos e dados disponíveis e o custo envolvido na aplicação do método, verificando a viabilidade de um gestor público na sua aplicação. Além de verificar a complexidade do método, pois muitas vezes a aplicação de um método pode ser dificultada ou mesmo inviabilizada se não houver, por exemplo, pessoal treinado para sua execução, equipamentos para levantamentos em campo ou recursos computacionais para o armazenamento e análise de dados.

Segundo Ross (2001), a variação do custo por quilômetro quadrado ocorre em função da escala de trabalho e de alguns fatores como: a complexidade da área a ser pesquisada; o nível de profundidade do trabalho de pesquisa, com maior ou menor utilização de dados primários ou secundários; e a equipe para a execução dos trabalhos, caso sejam equipes próprias, parcerias com institutos de pesquisa e universidades ou empresas contratadas.

e) Forma de determinação dos indicadores e a inter-relação entre os fatores.

Este critério analisa a forma de determinação dos indicadores, descrevendo qual a técnica utilizada e a fonte de obtenção e dentre os indicadores determinados qual a relação entre eles para a representação da dinâmica do ambiente.

f) Interpretabilidade.

A interpretabilidade dos indicadores envolve dois aspectos. Primeiro, a capacidade de informar e ser compreendido pelo público a que ele se destina (tomadores de decisão, população ou outros). Segundo, a capacidade de permitir a distinção entre condições aceitáveis e críticas.

Verifica-se se: são utilizados recursos que facilitam a visualização dos resultados pelo público a que eles se destinam; o nível de síntese obtido facilita sua compreensão sem prejudicar seu conteúdo e se são apresentadas referências que permitem a distinção entre condições aceitáveis e críticas.

g) Acesso ao banco de dados.

É importante analisar se o formato do banco de dados permite o acesso de dois diferentes tipos de usuários, atendendo a duas diferentes finalidades: a primeira é voltada à sua manutenção e execução de atualizações, análises e elaboração de novos dados e informações, operações geralmente realizadas por técnicos especializados; e a outra é voltada à visualização e consulta dos dados pela maioria de usuários, que não são especialistas e precisam de ferramentas apropriadas.

Para a análise considera-se: se o banco de dados contém todos os dados utilizados e indicadores elaborados no diagnóstico; se é apresentado em formato adequado permitindo sua manutenção e execução de atualizações, análises e elaboração de novos dados e informações; e se tem ferramentas apropriadas para a visualização e consulta dos dados pela maioria dos usuários.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**5.1 Método Amorim & Cordeiro**

Quanto ao critério Confiabilidade, validade científica e padronização dos dados de entrada: o método se mostra confiável ao analisar a clareza e objetividade dos

parâmetros de sustentabilidade, pois os 15 parâmetros selecionados são transparentes não restando dúvida ao aplicar. Entretanto, esta avaliação é feita em campo e pode tornar-se um tanto quanto subjetiva dependendo do grupo técnico que aplicará o método, caso não tenha mais material para dar suporte a esta decisão.

Por exemplo, o tipo de ocupação do fundo de vale é feito visualmente em trabalho de campo, entretanto em nenhuma das aplicações foi utilizado GPS e imagens de satélite para um mapeamento do uso do solo, podendo acarretar resultados a partir de impressões e não dentro dos padrões técnicos.

Dentre os parâmetros analisados, existem quantitativos e qualitativos. Entretanto nos quantitativos não houve uma medição exata e mapeável, como por exemplo a quantidade de áreas permeáveis do solo e da bacia hidrográfica em si. Através de um estudo geotécnico poderia ser averiguado o tipo de solo e suas características, tornando-se mensuráveis as áreas permeáveis. Já nos parâmetros qualitativos alguns se tornam com alto grau de subjetividade como o parâmetro: qualidade estética e paisagística, isto pressupõe a utilização de especialistas, com participação por métodos *ad hoc* e ainda de uma ação interdisciplinar.

A exatidão temporal e capacidade de representar a evolução e dinâmica do ambiente é bem representada neste, por ser um método de fácil aplicabilidade e baixo tempo operacional. Entretanto devido à característica quantitativa da ficha de avaliação, no momento em que o método for aplicado os valores dos parâmetros podem não ser tão adequados dependendo da conjuntura, neste momento é importante que haja uma reavaliação dos valores julgados em cada parâmetro, para que as informações não fiquem prejudicadas.

O mais demorado seria a análise da qualidade da água do curso d'água, pois depende de ensaios normalizados, que implicam um determinado tempo operacional para que saiam os resultados, caso seja necessária a sua execução.

Dentro dos objetivos do planejamento os parâmetros deste método são representativos e relevantes pois avaliam desde questões legais, como o enquadramento do corpo d'água, aspectos físicos, biológicos e até questões sociais como o grau de identificação e valorização pela população do fundo de vale em questão e a qualidade estética e paisagística.

A facilidade de aplicação e o baixo custo são características importantes deste método, pois basta percorrer a área, junto da ficha de avaliação, com bastante critério, alta percepção visual e cautela na avaliação, junto de uma máquina fotográfica para aplicação deste. O uso de equipamentos e tecnologias sofisticadas de alto custo é necessário apenas para a análise de um parâmetro (qualidade da água do curso), mas dependendo da bacia estudada já existem resultados pontuais e informações confiáveis dos trechos descartando o uso destes.

A forma de determinação dos indicadores foi feita a partir de três tipologias de fundos de vale, dentro destas tipologias foram listados os principais impactos ocasionados. Quanto à inter-relação entre os fatores foi feita uma análise enfocando três situações: o meio geofísico, o biológico e o antrópico e a conseqüente relação entre estes no fundo de vale. Para priorizar os efeitos foi utilizada a técnica da matriz de impacto, entretanto a ponderação dos fatores foi feita sem o auxílio de uma equipe multidisciplinar.

A interpretabilidade dos indicadores é clara, mas principalmente para técnicos. Já para leigos, alguns parâmetros como, por exemplo, a permeabilidade do solo e da bacia hidrográfica seriam avaliados apenas quanto ao trecho possuir asfalto, ou o córrego estar canalizado. Entretanto, para uma análise mais concreta seria interessante o cruzamento de estudos geotécnicos, caso o córrego esteja canalizado analisar o tipo material utilizado e quais as suas principais características.

Já o acesso ao banco de dados neste método foi caracterizado pela clareza da forma de obtenção da ficha de avaliação (principal instrumento do método) e a possibilidade, de acordo com cada caso, de haver uma rediscussão dos parâmetros de avaliação e da importância que foi designada a cada fator, para que pudesse ser modificada de acordo com a conjuntura específica. Dentro desta visão, cada passo para a obtenção dos critérios foi bem explicativo em Amorim (2004), abrindo espaço para modificação dos próximos tomadores de decisão. Um banco de dados real poderia ser montado com o uso de SIG e a incorporação de novos dados cadastrais e temáticos para uma análise mais concreta.

De um modo geral, este tipo de metodologia prioriza a localização pontual de cada efeito. A partir dela podem-se averiguar as tendências da ocupação e as precauções a serem tomadas, além disso, o método possui um baixo custo de aplicabilidade e

possibilita o uso mais sustentável para fundos de vales dentro do planejamento das cidades. Entretanto, o indicador de qualidade de água requer uma análise à parte dos parâmetros em cada trecho, pois os monitoramentos existentes não chegam até a especificação de microbacias.

As tipologias inicialmente definidas não foram identificadas e diferenciadas em cada trecho em ambas as aplicações. Por causa da dificuldade de distinção nos trechos, para a identificação seria necessária a subdivisão em mais trechos em função de suas peculiaridades, entretanto o tempo de aplicação seria muito maior.

Seu uso se restringe aos fundos de vales urbanos, é um método de fácil aplicação e baixo custo. Entretanto, para que haja maior credibilidade na sua avaliação seria necessária a inter-relação com outras técnicas.

O diagnóstico fotográfico reforça a percepção visual, mas as características espaciais seriam mais concretas se houvesse um banco de dados com informações geotécnicas e que fossem feitos estudos de erodibilidade, uso e ocupação e outros através da técnica de superposição de cartas. Seria também imprescindível que houvesse uma equipe multidisciplinar para a aplicação e discussão no preenchimento da ficha de avaliação, devido à inter-relação existente entre os parâmetros. Isto pressupõe a utilização de especialistas, com participação por métodos *ad hoc* e ainda de uma ação interdisciplinar.

5.2 Método PESMU

Quanto ao critério confiabilidade, validade científica e padronização dos dados de entrada, este método é auto-explicativo facilitando na objetividade dos procedimentos, devido aos instrumentos deste que vão desde a listagem de informações para a caracterização do empreendimento que traz informações sobre o local e o seu entorno; as fichas de caracterização e análise dos fatores, contendo a definição e descrição das variáveis de controle e seus fatores, além de fluxogramas de decisão que orientam na tomada de decisão para o preenchimento da matriz de análise de sustentabilidade que indicará se a relação entre as intervenções urbanas e as variáveis de controles é favorável, desfavorável, neutra ou insuficiente quando faltam informações para se tomar a decisão e inexistente quando não há relação entre a intervenção e a variável de controle. Por fim, um

quadro resumo tornará visualmente mais fácil os resultados do método, trazendo mais clareza a ele e tornando seus resultados mais confiáveis.

A exatidão temporal e a capacidade de representar a evolução e dinâmica do ambiente são bem representadas neste, por ser um método de fácil aplicabilidade e baixo tempo operacional. Sendo assim, o intervalo de tempo entre a aquisição dos dados e o momento de divulgação dos resultados é pequeno, variando apenas com a grandeza da área estudada.

Dentro dos objetivos do planejamento, as variáveis de controle deste método são representativas e relevantes na sustentabilidade ambiental e um pouco da geográfica, pois a variável de controle distribuição espacial analisa o ambiente construído sob as várias intervenções humanas, mas não abrange as sustentabilidades: social, econômica e cultural.

A facilidade de aplicação e o baixo custo são características importantes deste método, devido aos instrumentos deste e por não necessitar de altas tecnologias para a obtenção de resultados.

A forma de determinação dos indicadores foi feita a partir de 10 diretrizes geradas a partir do estudo bibliográfico no segundo relatório de Silva & Teixeira (1999), que deveriam permear o método de análise em execução: utilização limitada dos recursos naturais; baixo consumo energético; baixa ocorrência de impactos negativos sobre o ambiente; minimização da necessidade de tratamento e disposição de resíduos; ocorrência nos sistemas urbanos, de fluxos sob a forma de ciclos fechados, coincidentes ou próximos aos naturais; preferência por alternativas pouco concentradoras, que apresentem caráter mais disperso; preservação de espaços que contenham ecossistemas frágeis; regeneração de ambientes degradados, naturais ou construídos; estabelecimento de uma relação simbiótica entre o ambiente construído e os elementos naturais e o atendimento às três dimensões do tempo: passado, presente e futuro. Estas diretrizes nortearam os indicadores construídos e a interligação dos fatores com a intervenção urbana.

A interpretabilidade dos indicadores torna-se mais fácil, devido à ficha de caracterização onde há uma definição e uma breve descrição dos fatores que serão relacionados, mas mesmo assim seria imprescindível que a aplicação do método fosse feita por técnicos, devido à especificidade das relações e preferencialmente por uma equipe multidisciplinar para uma análise mais completa e confiável.

O banco de dados deste é acessível, ele inicia-se com a listagem de informações sobre o empreendimento e prossegue com os fluxogramas de decisão até chegar nos resultados dentro da matriz de sustentabilidade e a sua sistematização no quadro-resumo. Se for fornecido apenas o quadro-resumo das análises não sabendo de onde vêm as informações, pode acontecer desconfiança dos resultados, por isso a importância do acesso ao banco de dados por completo. A criação de um banco de dados em SIG gerenciaria melhor as informações, além de trazer mais riqueza às análises.

Segundo Figueiredo (2000) e Vianna (2002) o Método se mostra flexível, pois a utilização dos componentes de fluxos de água e urbanismo inseridos na matriz deve ser feita de acordo com a abrangência do projeto, podendo-se assim analisar desde projetos de urbanismo completos, englobando-se os três sistemas de água, até projetos que contemplem uma parte constituinte de um destes últimos.

Seu uso permite que diversas informações sejam organizadas, facilitando verificações e identificando possíveis ausências na elaboração e implantação de empreendimentos. Mesmo assim, as verificações ainda parecem um pouco simplistas e superficiais, necessitando de dados mais concretos para que a análise seja mais profunda. Se houvesse um banco de dados para as informações e um adicional da ferramenta de Sistema de Informações Geográficas a análise seria muito maior, mais rápida e eficiente e esta seria uma importante ferramenta para o planejamento das cidades e de grande alcance.

Para uma análise mais completa dos projetos de qualquer sistema urbano de água, seriam necessários dados sobre características anteriores à implantação, no local e na área envoltória como: levantamento planialtimétrico, caracterização pedológica e geológica; caracterização climatológica e hidrológica; levantamento da rede hidrográfica, com a caracterização das bacias; localização, quantificação e tipologia da cobertura vegetal; caracterização ecológica, com identificação de fatores de interesse (físicos e biológicos) e de condições de degradação; dados de qualidade das águas e do ar; localização e dimensões do sistema viário; cadastramento de edificações existente; demarcações das restrições legais à utilização de partes do terreno; caracterização dos sistemas de saneamento existentes; levantamento das fontes energéticas disponíveis, com identificação da respectiva matriz.

A fonte dos dados interfere diretamente na qualidade das informações do projeto, permitindo uma análise mais profunda ou superficial. Uma base puramente técnica

fica comprometida, pois os projetos precisam estar inseridos em um contexto. Estes dados são fundamentais para a caracterização e identificação do projeto, bem como do local de sua implantação e das condições do entorno, possibilitando a criação de cenários para as análises. Sendo assim, é importante que o método não seja aplicado individualmente, mas sim para o levantamento de questões e para a discussão em grupo, devido aos questionamentos que surgem à medida que se façam as verificações. Para isso, seria necessária a associação de métodos *ad hoc*, que possibilitem a efetiva interdisciplinaridade.

O método cumpre objetivo proposto, em relação ao item análise, pois faz um exame de cada parte constituinte de um todo com o intuito de sua compreensão e do conhecimento das suas relações. Já o termo avaliação pressupõe uma ponderação, um valor e no PESMU esta aparece com uma qualificação das inter-relações. Na fase de concepção é possível a utilização do método no formato como ele se apresenta, devido às suas variáveis (F, D, I, X).

Quanto às fases do projeto para a aplicação do PESMU, há uma melhor adequabilidade na fase de concepção do projeto, devido às suas variáveis. Na fase de avaliação pós-ocupação, onde se pressupõe uma qualificação destas relações, existe um terceiro elemento interligado, o qual não é abarcado pelas análises possíveis dentro do método, que vem a ser a apropriação humana concretizada deste espaço, explicitando a dimensão social da sustentabilidade. Assim, faz-se necessária a introdução de variáveis de controle relativas à adequação do projeto à realidade da população local.

5.3 Método SWAT

Quanto ao critério confiabilidade, validade científica e padronização dos dados de entrada, dentre os métodos analisados, este é o que mais se destaca neste item, pois está sendo aplicado em diversas partes do mundo, com resultados satisfatórios. As equações desenvolvidas para o modelo já foram testadas e validadas, em cada caso será averiguado o modelo e calibrado de acordo com a necessidade, no manual do SWAT estão descritas as equações para a averiguação do modelo.

Os dados de entrada no SWAT são padronizados e quantitativos, mas ao fazer a interface com o SIG, também poderá ser feita a análise de dados. O modelo é

baseado nas características físicas da bacia. A variação sazonal destes processos é dada não só pelos dados climáticos (precipitação, temperatura, e outros) necessários para correr o modelo, mas também por um submodelo de crescimento vegetal capaz de simular a variação das necessidades hídricas de sistemas naturais.

Quanto à exatidão temporal, o modelo opera geralmente com um passo de tempo diário, além de ser possível uma resolução subdiária. Foi desenvolvido para a simulação contínua de vários anos, mas devido à grande quantidade de parâmetros de entrada, dependendo da equipe que aplicará o modelo, o tempo entre a captação dos dados e a saída dos resultados pode ser um pouco mais longa, entretanto é um importante modelo para a predição de impacto a longo prazo. A possibilidade de simular cenários é uma ferramenta importante, pois utiliza um tempo mínimo para vários resultados e cenários do meio.

Já a capacidade de representar a evolução e dinâmica do ambiente é muito boa, pois os resultados poderão ser dados desde uma bacia extensa até a discretização de várias sub-bacias, simulando cenários para todas as situações, refletindo as diferenças do uso e tipo de solo, cobertura vegetal e topografia para uma posterior avaliação de transporte de sedimentos, fluxo de água, cobertura vegetal e mudanças na qualidade de água.

A representatividade dos temas avaliados são relevantes quanto às características físicas das bacias. Este Modelo está construído para dar resposta exclusivamente a questões relacionadas com o escoamento de águas superficiais e quantidade de água disponível, entretanto a integração dos resultados deste Modelo e de outros dados relacionados com os recursos hídricos é realizada no interior do SIG. Outro processo simulado pelo SWAT, relevante para este estudo, é a erosão do solo. As características a serem analisadas provêm da necessidade de cada usuário, pois o ambiente SIG possui um espaço ilimitado, adquirindo desde informações cadastrais a temáticas, além de poder cruzar estas informações formando novos resultados.

Quanto à facilidade de aplicação e o custo, neste método, a simulação em grandes bacias e sub-bacias podem ser executadas sem excessivo investimento de tempo ou dinheiro, entretanto ao comparar com os outros métodos será exigido um maior custo e devido à grande quantidade de parâmetros uma maior dificuldade na aplicação. Na maioria das aplicações, o custo de executar um programa computacional é muitas ordens de

magnitude menor do que o correspondente custo relativo à investigação experimental. Esse fator adquire maior importância à medida que o problema real estudado apresenta maiores dimensões e complexidade (como uma bacia hidrográfica), além dos custos operacionais mais elevados relativos às pesquisas de campo (PESSOA *et al.*, 1997).

Segundo o manual do SWAT 2000, a determinação dos indicadores foi adquirida a partir da necessidade de cada aplicação, havendo um melhoramento do modelo com o passar do tempo. O SWAT incorpora características de diversos modelos, sendo uma consequência direta do modelo SWRRB1 (simulador para recursos hídricos em bacias rurais) (WILLIAMS *et al.* 1985; ARNOLD *et al.*, 1990). Os modelos específicos que contribuíram significativamente ao desenvolvimento do SWAT eram CREAMS2 (produtos químicos, escoamento e erosão dos sistemas de gerência na agricultura) (KNISEL, 1980), GLEAMS3 (efeitos em sistemas de gerência na agricultura) (LEONARD *et al.*, 1987), e EPIC4 (Cálculo do Impacto de Erosão-Produtividade) (WILLIAMS *et al.*, 1984).

O desenvolvimento de SWRRB começou com a modificação do modelo diário do modelo de escoamento hidrológico (CREAMS). As mudanças principais feitas ao modelo CREAMS foram: a) o modelo foi expandido para permitir que as simulações simultâneas em diversas sub-bacias predigam o rendimento da água da bacia; b) um componente do fluxo do retorno foi adicionado; c) um componente do armazenamento do reservatório foi adicionado para calcular rendimento do efeito de lagoas e reservatórios no escoamento e no sedimento; d) uns dados incorporando modelo da simulação do tempo para a chuva, a radiação solar e a temperatura foram adicionadas para facilitar as simulações a longo prazo e para fornecê-las temporariamente e espacialmente em um tempo representativo; e) o método para predizer as taxas do pico de escoamento foi melhorado; f) o modelo EPIC do crescimento de vegetação foi adicionado para esclarecer a variação anual no crescimento; g) um componente simples da rota de inundação foi adicionado; h) os componentes de transporte do sedimento foram adicionados para simular o cálculo de movimento do sedimento através das lagoas, dos reservatórios, dos córregos e dos vales; i) de perdas de transmissão foi incorporado.

O primeiro foco do modelo usado nos anos 80 foi o de qualidade de água no desenvolvimento do SWRRB. Em seguida, foram inclusas modificações notáveis como: a) incorporação do componente do fator de pesticida (GLEAMS); b) a tecnologia opcional de SCS para estimar o pico de escoamento; c) desenvolveu recentemente equações do

rendimento do sedimento. Estas modificações estenderam a potencialidade do modelo ao negócio com uma grande variedade de problemas de gerenciamento das águas.

Nos anos 80, o departamento da Índia necessitou um modelo que estimasse o impacto das tempestades no gerenciamento das águas dentro da Índia. Então foi utilizado o SWRRB percorrendo uma área de cem quilômetros quadrados, o departamento também simulou o fluxo do córrego para as bacias que estendem por mil quilômetros quadrados. Para a área extensiva, o modelo necessitou ser dividido em cem sub-bacias. A divisão do SWRRB foi limitada a dez sub-bacias. Estas limitações conduziram ao desenvolvimento de um modelo chamado ROTO (Arnold e outros, 1995) do roteamento, que fez análise da saída dos funcionamentos múltiplos de SWRRB e distribuiu através das canaletas e dos reservatórios.

Desde que o SWAT foi criado nos anos 90, submeteu-se à revisão e à expansão continuadas das potencialidades. As melhorias as mais significativas do modelo entre liberações incluem:

- ◆ SWAT 94.2: Modelo hidrológico múltiplo incorporando a responsabilidade das unidades das subbacias.

- ◆ SWAT 96.2: Autofertilização e auto-irrigação foram adicionados à opção de gerenciamento; o componente CO₂ foi adicionado ao modelo para os estudos climáticos; Penman-Monteith adicionou a equação de evapotranspiração; incorporado o fluxo lateral da água no solo baseado no modelo cinemático; adicionado o QUAL2E para analisar os nutrientes e pesticidas na equação de qualidade de água.

- ◆ SWAT 98.1: Rotinas do derretimento da neve foram melhoradas; qualidade de água melhorada; ciclo do nutriente expandido; modificado para o uso no hemisfério do sul.

- ◆ SWAT 99.2: As rotinas dando um ciclo do nutriente melhoraram; o alcance do banco de dados foi melhorado; roteamento dos metais foi adicionado; todas as referências do ano no modelo mudaram de 2 últimos dígitos para 4 dígitos; a configuração urbana para escoamento superficial fora das equações de SWIM foi adicionada junto com equações da regressão de USGS.

- ◆ SWAT 2000: Foram adicionadas rotinas do transporte de bactérias; modelo de infiltração; o gerador do tempo melhorou; dados de radiação solar diária, a

umidade relativa, e a velocidade de vento a ser lida; simulação permitida de número ilimitado dos reservatórios; adicionou o método de roteamento de Muskingum; cálculos modificados do domínio para a simulação apropriada em áreas tropicais.

Além das mudanças listadas acima, relações para o modelo foram desenvolvidas em Windows, na GRASS e no ARCVIEW, e também da validação extensiva submetida ao SWAT.

Os indicadores são facilmente interpretados por técnicos, os parâmetros a serem colocados são objetivos, variando desde características físicas da bacia, análise e simulação do clima, parâmetros de qualidade da água até características do uso do solo.

O banco de dados deste é acessível e pode ser modificado a qualquer momento, o manual do SWAT descreve todas as equações utilizadas no modelo SWAT, a função de cada parâmetro e forma de operação no modelo. Apesar do software BASINS que incorpora o modelo SWAT possuir apenas lacunas para que fossem colocados os resultados de cada parâmetro, o manual explica o peso de cada parâmetro e a forma de consideração. O modelo é baseado em balanço de água no ciclo hidrológico e no controle de água, sedimentos, nutrientes e pesticidas arquivando os principais focos de cada sub-bacia. E em seguida é simulado o transporte de sedimentos, nutrientes (em função do fósforo e nitrogênio) e pesticidas. O banco de dados do SIG pode ser desenvolvido a qualquer momento com dados específicos do local em estudo.

5.4 Sistematização e análise

A aplicação das regras para a avaliação, considerando cada critério estabelecido, permitiu identificar vantagens e dificuldades para seu uso.

Uma vantagem está na realização de uma análise sistemática do conjunto de dados utilizados, dos métodos empregados e indicadores elaborados de cada método. O quadro 9 funciona como um quadro-resumo da análise fortalecendo as principais características dos métodos quanto aos critérios questão.

Quadro 9: Sistematização das análises destacando as principais características dos métodos.

	Amorim & Cordeiro	PESMU	SWAT
Confiabilidade, validade científica e padronização dos dados de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros de avaliação claros e objetivos. • O método foi aplicado apenas em 2 casos. 	<ul style="list-style-type: none"> • É um método auto-explicativo, facilitando a padronização na aplicação. Já foi aplicado em alguns municípios brasileiros. • Subjetivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado em diversas partes do mundo com resultados satisfatórios. • Equações testadas e validadas • Necessidade de calibração para cada caso
Exatidão Temporal e capacidade de representar a evolução e a dinâmica do ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo tempo operacional, obtendo uma resposta rápida do método quanto ao meio estudado • Separação dos trechos por tipologias facilita a representação da dinâmica do ambiente • Ficha de avaliação possui valores para indicadores, podendo não ser bem representada ponderação de acordo com a conjuntura 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalo de tempo entre a aquisição dos dados e o momento de divulgação dos resultados é pequeno • O conjunto de indicadores permite a compreensão da evolução do ambiente ao ter como finalidade a capacidade do suporte do meio 	<ul style="list-style-type: none"> • Opera em simulação contínua, importante modelo para a predição de impacto em longo prazo, obtendo os dados de entrada, além disso, o modelo simula vários cenários em segundos. • Grande quantidade de parâmetros, podendo ocorrer um maior tempo para a obtenção dos dados. • A interface da modelagem hidrológica e do SIG poderá analisar com propriedade a evolução e dinâmica do ambiente
Representatividade dos temas e relevância.	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa aspectos físicos, biológicos, sociais e legais. • Os parâmetros não abrangem o ecossistema da bacia como um todo, pois não analisam as comunidades aquáticas e nem a fauna e flora do ecossistema terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisa sob a visão da sustentabilidade ambiental • Os parâmetros não abrangem o ecossistema da bacia como um todo, pois não analisam as comunidades aquáticas e nem a fauna e flora do ecossistema terrestre 	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo é restrito à análise física da bacia, entretanto a interface com o SIG traz um espaço ilimitado de temas a serem analisados, dependendo da fonte de dados. • A modelagem hidrológica possui um excessivo número de dados associado ao tema, podendo elevar o custo da análise e o tempo, dependendo do caso esta especificidade torna-se desnecessário.

	Amorim & Cordeiro	PESMU	SWAT
Facilidade de aplicação e custo	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de aplicar e com baixo custo. • A análise da qualidade da água exige um custo laboratorial e pessoas especializadas. • Preenchimento da ficha de avaliação torna-se subjetivo em alguns aspectos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de aplicar e com baixo custo. • Técnicas exigidas são simples de serem aplicadas • Os fluxogramas de análise são subjetivos em alguns casos 	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo SWAT é disponibilizado gratuitamente no site da EPA. • A calibração do modelo deve ser feita, por pessoas especializadas, para que não haja o problema dos parâmetros e os resultados não serem adequados ao local em estudo.
Forma de determinação dos indicadores e a inter-relação entre os fatores	<ul style="list-style-type: none"> • Inter-relação enfocando o meio geofísico, biológico e antrópico. • Não houve uma equipe multidisciplinar para a determinação e elaboração dos parâmetros e sua ponderação, obtendo uma única visão dos indicadores com relação à capacidade de suporte 	<ul style="list-style-type: none"> • A forma de determinação dos indicadores foi feita por uma equipe multidisciplinar, baseando-se em 10 diretrizes geradas a partir de estudo bibliográfico. 	<ul style="list-style-type: none"> • A determinação dos indicadores foi feita a partir da necessidade das aplicações, e aprimorada desde os anos 90 até atualmente.
Interpretabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores fáceis de serem interpretados (principalmente técnicos). • Alguns indicadores são avaliados de forma linear, entretanto ao analisar impacto ambiental a ocorrência não é linear • Seria interessante a descrição de cada indicador, para causar menos subjetividade na implantação do método 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretabilidade fácil (ficha de caracterização) 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretabilidade fácil por possuir um manual do usuário

	Amorim & Cordeiro	PESMU	SWAT
Acesso ao banco de dados	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de avaliação clara, disponível e flexível para adaptações em cada conjuntura específica. Falta de um banco de dados em SIG. 	<ul style="list-style-type: none"> Acessível e flexível. Falta de um banco de dados em SIG. 	<ul style="list-style-type: none"> O banco de dados deste é acessível e pode ser modificado a qualquer momento O manual do SWAT descreve todas as equações utilizadas no modelo SWAT, a função de cada parâmetro e forma de operação no modelo.

Uma dificuldade com relação à análise comparativa dos métodos foi quanto à escala destes, pois o SWAT foi desenvolvido para grandes escalas podendo ser subdividido em escalas menores com a discretização da bacia. Para isto, o modelo torna-se mais complexo perante os outros, além de algumas variáveis como o custo de aplicação pode se tornar prejudicada ao ser comparada com os outros métodos. Este modelo teve muitas aplicações em grandes bacias, mas ao aplicar em uma sub-bacia específica localizando um fundo de vale como os outros métodos, seriam necessários uma adaptação do modelo e uma calibração posterior.

Ao incorporar o banco de dados em SIG nos métodos PESMU e AMORIM & CORDEIRO terá que haver uma preocupação com a compatibilidade das informações com a escala do estudo, para que o cruzamento das informações torne-se verídico, além da riqueza de detalhes.

Outra diferença entre estes é quanto ao local da aplicação e seus parâmetros. O SWAT foi desenvolvido para uma área agrícola, fazendo uma análise física da bacia e até análise de pesticidas e erodibilidade, mas sem a visão de planejamento como nos outros métodos, isto pode ser incorporado com a interface do ARCVIEW, o qual pode gerar mapas e cartas visando uma ocupação sustentável do meio em estudo. Além disso, ao analisar a área rural, os parâmetros físicos da bacia, a poluição desta, pode-se fazer um planejamento geoambiental da bacia para uma ocupação posterior da área, considerando as condições de escoamento, a erodibilidade, o clima, o uso do solo, a geologia, relevo, pedologia e outros fatores que estiverem disponíveis.

A ferramenta de SIG, utilizando a técnica de superposição de cartas, traria mais flexibilidade para adaptação ao meio de análise dos métodos estudados, podendo adaptarem-se de acordo com a conjuntura. Esta ferramenta analisa tanto dados quantitativos quanto qualitativos, gerando mapas que podem ter suas classes quantificadas em porcentagens, tornando as informações mais precisas.

Segundo Odum 1969, do ponto de vista energético, os rios e correntes são ecossistemas incompletos, pois uma parte da energia provém do ecossistema terrestre adjacente devido à adaptação natural da matéria orgânica, constituindo sistemas ideais de depósito de matéria orgânica, desde que a carga não seja excessiva. Quanto ao fluxo da água, se for suave propicia o depósito de materiais e o fundo do leito é geralmente constituído por materiais moles, mas se for mais forte o leito está sendo erodido e o fundo geralmente é firme. Na primeira situação as comunidades ecológicas são formadas por fitoplâncton e espécies de peixes e insetos semelhantes às encontradas nos lagos, já na segunda situação é composta por formas mais exclusivas como as larvas dos insetos *Tricoptera*.

Esta análise das comunidades aquáticas não foi feita em nenhum dos métodos, sendo que ao canalizar um leito, por exemplo, estas características são modificadas rapidamente, impactando drasticamente no ecossistema formado. Já quanto ao ponto de vista energético, os métodos AMORIM & CORDEIRO e SWAT, fazem um estudo da qualidade da água, podendo enquadrar-se em uma classe ou um grau de potabilidade da água.

Dentre as dificuldades para a avaliação dos critérios, tem-se a subjetividade presente em algumas das regras estabelecidas, para as quais não há como obter uma avaliação precisa, baseada em normas ou padrões sugeridos na literatura. Uma sugestão para melhorar a qualidade dos resultados da análise é a sua realização por mais de uma pessoa, reunindo diferentes opiniões.

Os três métodos auxiliam na tomada de decisão, estes se diferenciam na complexidade, nas técnicas e na forma de avaliação. Os métodos possuem técnicas de avaliação diferenciadas, e dependendo da equipe que aplicará poderá escolher a que possui maior afinidade.

Não há um método que seja o melhor e sim o mais adequado para cada situação, os métodos AMORIM & CORDEIRO e o PESMU possuem um enfoque mais global para o diagnóstico, entretanto o SWAT analisa mais a fundo as características físicas da bacia e se torna flexível na interface com o SIG. O SIG utilizado na interface com o SWAT é o ARCVIEW, um módulo do ARCGIS. Recomenda-se para o uso em prefeituras o software SPRING que é um SIG gratuito, o qual já está sendo implantado em planos diretores no Brasil.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho possibilitou o estudo e a discussão sobre diferenças e semelhanças entre os métodos de avaliação ambiental, além das condições destes para dar suporte ao gestor em políticas públicas.

O levantamento de dados, a sua sistematização, a análise e o monitoramento constituem a base necessária para o estudo de problemas ambientais no meio urbano e para o estabelecimento de políticas e programas que norteiem uma provável ocupação de projetos urbanísticos, de forma a compatibilizar as necessidades da sociedade com a capacidade de suporte dos elementos naturais do meio.

A base conceitual foi feita a partir de uma visão ampla sobre o processo de formação das cidades abordando os temas da urbanização brasileira, planejamento urbano, uso e ocupação do solo, sustentabilidade e a relação conflitante do homem com a natureza na busca do espaço, retratando a problemática das cidades atuais. Mostrando muitos avanços no setor, entretanto esta área continua sendo um laboratório de tentativas e erros. A preocupação do planejamento ambiental torna-se cada vez mais presentes nas políticas públicas atuais, mas os conflitos entre as questões ambientais, econômicas, políticas e sociais continuam sendo um grande desafio. Grande parte das ações atuais possuem um caráter imediatista, muitos planos encontram-se não executados e o marketing ambiental cada vez mais presente.

Atualmente, tem sido decisivo o reconhecimento da ineficiência do planejamento centralizador e autoritário, devido a contrariedade da gestão participativa tão reivindicada, e que passa a ser mais recentemente uma diretriz praticamente compulsória das políticas públicas. Sendo assim, pode-se dizer que a urbanização é um processo ou uma multiplicidade de processos e que precisa ser tratado com responsabilidade.

Esta responsabilidade foi alertada (no capítulo 2.3) ao denominar a importância da sustentabilidade no processo de formação das cidades. Neste capítulo foram mostradas as tendências da sustentabilidade, seus trâmites e processos. A implementação de metas proporcionando um bem comum, como a Agenda 21 e a preocupação com as futuras gerações, podem ser consideradas utópicas para um grupo de pessoas, mas ao pensar em processo, tem-se a sustentabilidade como um impulso para atitudes melhores. Buscando um

olhar e uma percepção para a cidade como um organismo social, vivo e complexo, que possui elementos ambientais com função urbanística e que a natureza seja um equipamento urbano que trás qualidade de vida.

A partir de então, foi feita uma busca exaustiva por instrumentos de análise e avaliação ambiental e em especial, os métodos de avaliação ambiental mostrando suas diferenças e semelhanças dentro de uma linha de evolução. Foi constatada a existência de uma imensa gama de métodos e técnicas de avaliação ambiental com grandes diferenças desde a sua concepção até o modo de utilização dos dados de entrada e saída, a complexidade, o custo operacional, a forma de análise e outras características.

Ao selecionar 3 métodos de avaliação ambiental para o estudo que obtivessem condições para dar suporte a um gestor na tomada de decisões e que possuíssem técnicas de avaliação diferentes, foi necessário que obtivessem um mesmo objetivo: analisar bacias hidrográficas e áreas de fundos de vales, pois para fazer uma análise comparativa seria necessário que os métodos tivessem propostas e indicadores semelhantes.

Para a análise dos métodos foram selecionados alguns critérios e discutidos. Estes critérios foram selecionados priorizando o enfoque das condições que o método de avaliação deveria ter para dar suporte ao gestor. Por isso foram analisadas características como a confiabilidade, validade científica e a padronização e a acessibilidade dos dados para que ao aplicar em locais diferentes e com características distintas e mesmo assim pudesse haver uma comparação entre as respostas dos diversos casos. Os indicadores dos métodos também foram analisados para verificar o potencial de abrangência dos temas, a sua interpretabilidade e representatividade. Outros fatores também são de extrema importância para os gestores, como a facilidade de aplicação e o tipo de custo envolvido para a análise.

Perante a análise feita conclui-se que não há um método que seja o melhor e sim o mais adequado para cada situação, os métodos AMORIM & CORDEIRO e o PESMU possuem um enfoque mais global para o diagnóstico, entretanto o SWAT analisa mais a fundo as características físicas da bacia e se torna flexível na interface com o SIG. Os três métodos são complementares ao tratar de um meio complexo que é a bacia hidrográfica, pois a mesma contém informações físicas, biológicas e sócio-econômicas inter-relacionadas. Quanto maior o grau de complexidade da análise maior a eficácia, mas

também aumenta o custo e o tempo de resposta, estas características sempre devem ser pensadas e ponderadas antes de escolher o método ou os métodos a serem aplicados em determinado local. Além de verificar os dados de entrada existentes para que a análise não se torne equivocada ou subjetiva.

A sistematização da análise foi feita a partir de um quadro que enfocou as principais características de cada método, auxiliando o gestor na escolha do método dependendo da sua necessidade. Dentre as preocupações com o estudo destaca-se a fonte dos dados, que interfere diretamente na qualidade das informações do projeto, permitindo uma análise mais profunda ou superficial.

Estes dados são fundamentais para a caracterização e identificação do projeto, bem como do local de sua implantação e das condições do entorno, possibilitando a criação de cenários para as análises. Sendo assim, é importante que o método não seja aplicado individualmente, mas sim para o levantamento de questões e para a discussão em grupo, devido aos questionamentos que surgem à medida que se façam as verificações. Para isso, seria necessária a efetiva interdisciplinaridade.

A infra-estrutura para a aplicação do método precisa ser analisada anteriormente, pois pode haver muitos dados indisponíveis inviabilizando uma boa análise. Para isto, o usuário deve conhecer os conceitos, hipóteses e limitações dos métodos para que sua resposta não seja considerada como verdade absoluta em condições desconhecidas, evitando assim erros e desapontamentos.

Recomenda-se quanto aos métodos AMORIM & CORDEIRO, PESMU e SWAT uma continuidade às suas aplicações, para que novas observações e correções sejam incorporadas e a padronização dos dados é um fator importante, para que os métodos sejam neutros diante de um avaliador. A incorporação de um banco de dados para o uso de SIG no AMORIM & CORDEIRO e PESMU seriam fundamentais para o seu aprimoramento, sendo que no PESMU, as fichas de caracterização também poderiam ser incorporadas neste banco de dados.

Ao SWAT é sugerido que a cada aplicação e modificação do banco de dados, seja mandado ao site do EPA para que as versões fiquem sempre atualizadas e que o acervo do banco de dados amplie para outras regiões do mundo com características físicas diferentes.

Seria interessante também que fossem desenvolvidos manuais e guias de referências para métodos AMORIM & CORDEIRO e PESMU, podendo ser utilizado como material de apoio nas análises.

Quanto aos critérios selecionados, para analisar os métodos em estudo, estes foram abrangentes podendo verificar desde a composição dos métodos até a saída dos resultados. Entretanto, pode-se considerar como um dos pontos fracos da análise a subjetividade das regras para a avaliação dos critérios, verifica-se que é necessário estabelecer padrões de qualidade, e que estes sejam preferencialmente medidos, o que requer o desenvolvimento de pesquisas em planejamento ambiental que permitam avaliar de forma mais objetiva os dados de entrada utilizados, os métodos e técnicas empregados e os indicadores elaborados, sem que haja a perda da qualidade da análise.

Objetiva-se, assim, contribuir, pelo menos minimamente, para ampliar o conhecimento sistematizado sobre a utilização de métodos de avaliação ambiental, para que no futuro não sejam feitos apenas gastos para remediação dos problemas, como obras imediatistas para a contenção de enchentes e tratamentos de águas caríssimos para o abastecimento da cidade.

O maior dilema em trabalhar com políticas públicas é que os objetivos são mais difusos e as metas, na maioria das vezes, não são perseguidas. O que desafia ainda mais trabalhar com gestão ambiental neste meio, onde se necessita de uma equipe multidisciplinar, escalas compatíveis de trabalho e uma análise dinâmica e sistêmica do meio em estudo. Além de necessitar de uma visão estratégica e democrática

Por fim, esta pesquisa alia-se aos que acreditam que o planejamento urbano participativo, desde que se incorporem as metas da justiça social e do equilíbrio ambiental, seja um dos principais caminhos para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, H. Sentidos da sustentabilidade urbana. In: ACSELRAD, H. (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco das políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 27-56.

ALIER, J. M. **De la economia ecológica ao ecologismo popular**. Montevideo: Editora Nordan, Comunidad, 1995. p. 286.

ALVARENGA, S. R. **A análise de áreas de proteção ambiental como instrumento da política nacional do meio ambiente: o caso da APA de Corumbataí – SP**. 1997. Total p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

AMORIM, L.M. **Ocupação de fundos de vale em áreas urbanas: estudo de caso Córrego do Mineirinho, São Carlos-SP**. 2004. Total p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

ARNOLD, J. C. et al. Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the upper Mississippi river basin. **Journal of Hydrology**, v. 227, p. 21-40, 2000.

ARNOLD, J.G.; WILLIAMS, J.R.; MAIDMENT, D.R. Continuous-time watershed sediment routing model for large basins. **Journal of Hydrology**, v. 2, p. 121, 1995.

ARNOLD, J.G. *et al.* **A basin scale simulation model for soil and water resources management**. Texas: College Station; Texas A&M University Press, 1990. 255 p.

AVOGRADO, E.; MINCIARDI, R. A decision support system for environmental planning in water resources. In: **Hydroinformatics'96** (MÜLLER, A., Ed.). Rotterdam, A. A. Balkema, 417-423, 1996.

BALDISSERA, G. C. **Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water assessment tool), para a bacia hidrográfica do Rio Cuiabá/MT.** 2005. Total p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

BATISTA, A. C. *et al.* Seleção de áreas potenciais para expansão urbana, na APA Petrópolis . RJ, utilizando Sistemas de Informação Geográfica. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT, 11 a 15 de setembro de 2005, Brasília, Brasil. Papers - **Methods, instruments and tools of environmental planning and management.** Brasília: Copyright, 2005. p. 19.

BERRY, J. K. What's in a model. **GIS World**, vol. 8, n. 1. p. 26-28, 1995.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. Cidade: espaço da cidadania. In: GIOMETTI, A. B. R, BRAGA, R. (Org.). **Pedagogia cidadã: cadernos de formação: ensino de Geografia.** São Paulo: UNESP/PROPP, 2004. p. 105-120.

BRANS, J. P; MARESCHAL, B. VINCKE, P. How to select and how to rank projects: The Promethee Method. **European Journal of Operational Research.** v.24, p. 228-238.1986.

BRASIL. Lei 6.938/81, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/sicon/ListaReferencias.action?codigoBase=2&codigoDocumento=126836>>. Acesso em: 19 abr. 2006.

BRASIL. Resolução nº 001/1986, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre procedimentos relativos a estudo de impacto ambiental. **CONAMA.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/federal/resolucoes/1986_Res_CONAMA_1_86.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2006.

BRAUDEL, F. **Civilização material, economia e capitalismo, séculos XV-XVIII: as estruturas do cotidiano.** São Paulo: Martins Fontes, 1997. Total p.

BROSTEL, R. C. **Formulação de modelo de avaliação de desempenho global de estações de tratamento de esgotos sanitários (ETE'S)**. 2002. Total p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

CARVALHO, L.F.; ALBUQUERQUE, F. G. Influência da Ocupação Urbana na Hidrodinâmica do Lago Paranoá. DF – In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT, 11 a 15 de setembro de 2005, Brasília, Brasil. Papers - **Methods, instruments and tools of environmental planning and management**. Brasília: Copyright, 2005. p. 19.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

COSTA JUNIOR, L. L. C. **Avaliação do uso e ocupação do solo e do emprego de medidas de controle de inundação**. 2003. Total p. (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, UFSCar, São Carlos, 2003.

DUAN, Q.; GUPTA, V.R.; SOROOSHIAN, S. **Automatic calibration of the models SWAT 99.2 and SWAT-G with the SCE-VA algorithm**. University of Arizona, 1994. Disponível em: <<http://www.eckhardt.metcon-umb.de/kalibrierung/anleitung.html>>. Acesso em: 11 abr. 2006.

ECKHARDT, K.; ULBRICH, U.. 2003. Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. **J. Hydrol.** 284(1-4): 244-252.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnósticos de planejamentos ambientais**. 2003 . Total p. Tese (Doutorado em planejamento e desenvolvimento rural e sustentável) – Faculdade de Engenharia Agrícola , Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

FIGUEIREDO, I.B.S. **Os Reflexos da Urbanização no Sistema de Drenagem em Fundos de Vale. O caso do Parque do Povo: Presidente Prudente (SP)**. 2003. Total p.

(Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

FIGUEIREDO, R. B. **Engenharia social: soluções para áreas de risco**. São Paulo: Makron Books, 1994.

FITZPATRICK, J.; IMHOFF, J. Water quality models: a survey and assessment. In: PROJECT 99 – WSM – 5. **Water Environment Research Foundation**. v.102. (Oceânica – Fundação). Universidade Federal do Rio Grande, 2001.

GASSMAN, P. W.; REYES, M. R.; GRENN, C. H.; ARNOLD, J. G.. 2007. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. **Soil & Water Division of ASABE**. SW 6726: 1211- 1250.

GENERINO, R.C.M. Questões Ambientais: Conclusões e Recomendações. In: **WORKSHOP SOBRE GERAÇÃO TERMELÉTRICA A GÁS NATURAL**. Brasília: IBAMA/PETROBRÁS, 2001. p.110.

GODARD, O. A gestão integrada dos recursos naturais e do meio ambiente: conceitos, instituições e desafios de legitimação. In: VIEIRA, P. F. e WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais renováveis e de desenvolvimento**. São Paulo: Cortez, 1997.

GOLDSTEIN, E. G.; ZAGATTO, P. A. Toxicidade em águas do Estado de São Paulo. **Revista Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 13-20, 1991.

GROSSI, C. H. **Sistema de informação geográfica - BASINS 3.0 na modelagem hidrológica da bacia experimental do Rio Pardo, SP**. 2003. Total p. Dissertação (Mestrado em energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2003.

GROSTEIN, M. D.; JACOBI, P. Falta de planejamento urbano gera impactos sócio-ambientais. **Revista Debates Sócio-Ambientais** – CEDEC, n. 9, mar./jun. 1998.

HARVEY, D. Mundos urbanos posibles In: MARTÍN RAMOS, Á. **Lo urbano: en 20 autores contemporâneos**. Barcelona: UPC, 2004. p. 177-198.

HATTERMAN, F.; KRYSANOVA, V.; WECHSUNG, F.; WATTENBACH, M.. 2004. Integrating groundwater dynamics in regional hydrological modelling. **Environ. Model. Soft.** 19(11): 1039-1051.

HATTERMAN, F. F.; KRYSANOVA, V.; HABECK, A.; BRONSTERT, A.. 2006. Integrating wetlands and riparian zones in river basin modeling. **Ecol. Model.** 199(4): 379-392.

IANNI, O. As ciências sociais na época da globalização. **Revista Brasileira Ciências Sociais**, v. 13, n. 37, p. 33-41, jun. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010269091998000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 23 maio 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas.** Brasília: IBAMA, 1995.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Manual de métodos para avaliação de toxicidade.** Curitiba: IAP, 1997. Total p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Perfil dos municípios brasileiros: gestão pública 2001.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 17 maio 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Water quality -- Freshwater algal growth inhibition test with unicellular green algae.** Geneve: ISO 8692, 2004. p. 15.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Water Quality- Determination of the Mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustácea).** Geneve: ISO 6341, 1993b. p. 9.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Water Quality Determination of the Acute Lethal Toxicity of Substances to a Freshwater**

Fish Brachydanio rerio (Hamilton-Buchanan) (teleostei, Cyprinidae) – P1 – Statistic Method. Geneve: ISO/DIN 7346-1, 1993a.p. 11.

IZAURRALDE, R. C.; WILLIAMS, J. R.; MCGILL, W. B.; ROSENBERG, N. J.; QUIROGA JAKAS, M. C.. 2006. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. **Ecol. Model.** 192(3-4): 362-384.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades.** Edição 1. São Paulo: Martins Fontes, 2000. Total p.

JUNQUEIRA, C. A. R. e SILVA, R. S. **Usos sustentáveis para fundos de vales - aplicação de método de análise na micro-bacia do córrego Santa Maria do Leme, São Carlos, SP.** – In: International Congress on Environmental Planning and Management, 11 a 16 de setembro de 2005, Brasília, Brasil.

KING, K.W., ARNOLD, J.G., WILLIAMS, J.R., SCRINIVASAN, R. **Soil and water assessment tool – SWAT.** Washington: United States Department of Agriculture, 1996. Total p.

KIRCHHOFF, D. **Avaliação de risco ambiental e o processo de licenciamento: o caso do gasoduto de distribuição Gás Brasileiro trecho São Carlos - Porto Ferreira.** 2004. Total p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações.** Florianópolis: FATMA / GTZ, 2004. p. 289.

KRYSANOVA, V.; MÜLLER- WOHLFEIL, D. I.; BECKER, A.. 1998. Development and test of a spatially distributed hydrological/water quality model for mesoscale watersheds.**Ecol. Model.** 106(2-3):261-289.

KRYSANOVA, V.; HATTERMAN, F.; WECHSUNG, F.. 2005. Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment. **Hydrol. Process.** 19(3): 763-783.

LA ROVERE, E.L. Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, Pantanal e Cerrado - demandas e propostas**. Brasília: IBAMA, 1992, p.21.

LEFÈBVRE, H. **Le droit à la ville**. 2eme ed.Paris: Anthropos 1968, Total p. (Collection Société et Urbanisme).

LENHART, T.; ECKHARDT, K.; FOHRER, N.; FREDE, H. G.. 2002. Comparison of two different approaches of sensitivity analysis. **Phys. Chem. Earth** 27(9-10): 645-654.

LENHART, T.; VAN ROMPAEY, A.; STEEGEN, A.; FOHRER, N.; FREDE, H. G.; GOVERS, G.. 2005. Considering spatial distribution and deposition of sediment in lumped and semi-distributed models. **Hydrol. Process**. 19(3): 785-794.

LEONARD, R. A.; KNISEL, W. G.; STILL, D. A. 1987. GLEAMS: Groundwater loading effects of agricultural management systems. **Trans. ASAE** 30(5): 1403-1418.

LIMA, R. T. **Percepção ambiental e participação pública na gestão dos recursos hídricos**: perfil dos moradores da cidade de São Carlos, São Paulo (Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho). 2003. Total p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

LYNCH, K. **Planificación del sitio**. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 1980. Total p.

MACEDO, R. K. A importância da avaliação ambiental. In: TAUKE, S. M., GOBBI, N. e FOWLER, H. G. **Análise ambiental**: uma visão multidisciplinar. São Paulo: Unesp, 1995. p. 13-32.

MACHADO, R. E. **Simulação de Escoamento e de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. Total p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)- Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MANFREDINI, E. A. **Ações públicas e privadas na conformação da cidade**: estudo da dinâmica sócio-espacial de Limeira – SP, 1960 – 2000. 2005. Total p. (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, UFSCar, São Carlos, 2005.

MARICATO, E. As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias. In: ARANTES, O; VAINER, C; MARICATO, E. **A cidade do pensamento único**: desmanchando consensos. Petrópolis: Editora Vozes, 2000. p. 121-192.

MARICATO, E. T. M.– **Metrópole na periferia do capitalismo**: ilegalidade, desigualdade e violência. São Paulo: Hucitec, 1996. Total p.

MAYSTRE, L.Y. ; PICTET, J. ; SIMOS, J. **Methodes multicriteres electre** -- description, conseils pratiques et cas d'application a la gestion environnementale. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1994.

MENDIONDO, M. E. e TUCCI, C. E. M. Escalas hidrológicas: conceitos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v2, n.1, p. 59-122, 1997. Disponível em: <www.abrh.org>. Acesso em: 22 set. 2006.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering treatment in reuse**. 4. ed. Boston: Mcgraw Hill, 2003.

MILLER, Ronald I. Setting the scene. In: _____. **Mapping the diversity of nature**. London: Chapman & Hall, 1994. cap. 1, p. 3-17.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2005.

MOTTA, R.S.da. As técnicas de análises de custo-benefício na avaliação ambiental. In: TAUKE, S.M., GOBBI, N.; FOWLER, H.G. **Análise ambiental**: uma visão multidisciplinar. (Ed.). São Paulo: UNESP, 1995. p. 156-162.

ODUM, E. P. **Ecologia**. São Paulo: Enio Matheus Guazelli & Cia Ltda., 1969. Total p.

OLIVEIRA, I. C. E. de. **Estatuto da cidade para compreender...** - Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2001. Total p.

OLIVEIRA, I. S. D. **A contribuição do zoneamento ecológico econômico na implementação da avaliação de impacto ambiental: bases e propostas conceituais.** 2004. Total p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

OLIVEIRA, M.Q.C. **Impacto de mudanças no uso do solo nas características hidrossedimentológicas da bacia hidrográfica do rio Joanes e sua repercussão na zona costeira.** 1999. Total p. Dissertação (Mestrado em Ciências-Geologia) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 1999.

ONGLEY, E. D., **Control of water pollution from agriculture - FAO Irrigation and Drainage**, GEMS/Water Collaborating Centre, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Canada, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997. Paper 55

OSEKI, J. H., PELLEGRINO, P. R. M.. Paisagem, sociedade e ambiente. In: PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental.** Barueri, SP: Manole, 2004. p. 485-524.

PABLO, C.L. et al. Design of an information system for environmental planning and management (SIPA). **Journal of Environmental Management**, vol.40, n.3, p. 231-243, mar. 1994.

PEREIRA, R. S. Modelos de qualidade de água. **ReRH - Revista Eletrônica de Recursos Hídricos.** vol. 1, n.1, p. 37-48, Jul./Set. 2004.

REES, W. E. The ecology of sustainable development. **The Ecologist**, v.20, n.1, p.18-23, 1990.

REIS, L. F. R. **Objetivos múltiplos.** São Carlos: USP/Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2006. Total p. Notas de Aula.

ROLNIK, R. **O que é a cidade**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1992. Total p.

ROMERO, R. **El desarrollo sostenible**: um concepto polemico. Ciencias Ambientales. Vol. 2, n. 8, p. 72-83, 1992.

SALVADOR, N. N. B. **Principais Metodologias e Ferramentas de Avaliação de Impactos Ambientais**. São Carlos: UFSCar/Departamento de Engenharia Civil, 2005. Total p. Notas de aula.

SALVADOR, N. N. B.; SOUZA FILHO, J.; KAMADA, M. F. Modelo computacional de autodepuração de rios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., 1989, Belém. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1989. p. 252-265.

SÁNCHEZ, L. E. O processo de avaliação de impacto ambiental, seus papéis e funções. In: LIMA, A. L. B. R.; TEIXEIRA, H. R.; SÁNCHEZ, L. E. (Org.). **A efetividade da avaliação de impacto ambiental no estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1995. p. 13-19.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1997, Total p.

SANTOS, R. F.; CARVALHAIS, H. B.; PIRES, F. Planejamento ambiental e sistemas de informações geográficas. **Caderno de informações geográficas - CIG**, Campinas, vol. 1, n.2, p. 13, 1998. Disponível em: < <http://orion.cpa.unicamp.br/cigv1n2a2.html> >. Acesso em: 14 jul. 2006.

SCORPINITI, A.. SIG T.E.R.R.A. (Território E-governance - Rede e Recurso Ambiental): uma infra-estrutura integrada para a gestão da informação territorial– In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT, Brasília, Brasil. **Papers - Methods, instruments and tools of environmental planning and management**. Brasília: Copyright, 2005. p. 19.

SHAW, K. **An evaluation of the BASINS 3.0 models including the procedural steps taken to evaluate the Barton Creek Watershed**. Lexington: University of Kentuck, 2001. Total p.

SILVA, R. S. e TEIXEIRA, B. A. N. **Urbanismo e saneamento urbano sustentáveis: desenvolvimento de métodos para análise e avaliação de projetos.** São Carlos: CEF/UFSCar, 1999. Total p. Relatórios 2 e 5.

SINGER, P. **Economia Política da Urbanização.** ed. 14, São Paulo: Editora Contexto, 1998. Total p.

SINGH, V. P. **Computer models of watershed hydrology.** Boulder: Water Resources Publications, 1995. Total p.

STEINEMANN, A. Improving Alternatives for environmental impact assessment. **Environmenta Impact Assessment Review**, v. 21, n. 1, p. 3-21, 2001.

SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE (SUREHMA). **MAIA: manual de avaliação de impactos ambientais.** ed. 1. Curitiba: SUREHMA / GTZ, 1993. Total p.

TOMMASI, L.R. **Estudo de impacto ambiental.** CETESB: Terragraph Artes e Informática. São Paulo, 1994. 354 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: UFRGS, 2005. Total p.

VAN GRIENSVEN, A.; BAUWENS, W.. 2003. Multiobjective autocalibration for semidistributed water quality models. **Water Resour. Res.** 39(12): SWC 9.1 - SWC 9.9.

VAN GRIENSVEN, A.; BAUWENS, W.. 2005. Application and evaluation of ESWAT on the Dender basin and Wister Lake basin. **Hydrol. Process.** 19(3): 827-838.

VAZ FILHO, P.; CORDEIRO, J. S. **Drenagem urbana.** São Carlos: UFSCar / Departamento de Engenharia Civil, 2000. Total p. Notas de Aula.

VAZ FILHO, P. ; Cordeiro, J. S. Gerenciamento de sistemas de drenagem urbana: uma necessidade cada dia mais intensa. **Revista Engenharia**, Edição 541. São Paulo: Engenho editora técnica Ltda, p. 63-67, 2000. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com.br/artdrenagemurb541.htm>> . Acesso em: 26 ago. 2006.

VIANNA, A. V. N. **Análise de Sustentabilidade ecológica de projetos urbanos. Avaliação do Método PESMU aplicado a fundos de vale em Ribeirão Preto.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, UFSCar, São Carlos, 2002.

VIEIRA, P. F. e WEBER, J. **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental.** São Paulo: Cortez, 1997. Total p.

WATTENBACH, M.; HATTERMAN, F.; WENG, R.; WECHSUNG, F.; KRYSANOVA, V.; BADECK, F.. 2005. A simplified approach to implement forest eco-hydrological properties in regional hydrological modelling. **Ecol. Model.** 187(1): 49-50.

WILLIAMS, J.R., NICKS, A.D., ARNOLD, J.G. Simulator for water resources in rural basins. **Journal of Hydrology.**, v. 111, p. 970-86, 1985.

8- ANEXOS

8.1 ANEXO 1 – Entrevistas

Nome completo: Eduardo Mário Mendiondo

Formação: Engenheiro de Recursos Hídricos pela Universidade Nacional do Litoral na Argentina (1991)

Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - IPH-UFRGS (1995)

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - IPH-UFRGS (2001)

Especialização em Hidráulica Ambiental & Modelo de Demanda Hídrica, Uni-Kassel, Alemanha (1999-2001)

Cargo atual: Docente do departamento de hidráulica e saneamento (USP – São Carlos)

1. Na sua visão qual a unidade de gerenciamento mais apropriada para o planejamento urbano?

A meu ver a unidade de gerenciamento mais apropriado para o planejamento urbano é a bacia hidrográfica. Por ser uma unidade física territorial onde as fontes e os impactos ambientais são trabalhados de forma sistemática e sistêmica, ou seja, é possível criar uma relação causal, com causa-efeito ou causa-comum. Além disso, esta unidade de referência pode ser trabalhada em áreas periurbanas ou rurais.

2. Qual a importância da gestão de recursos hídricos nos municípios?

A importância da gestão de recursos hídricos brasileiros é fundamental, devido à necessidade dos habitantes em manutenção da qualidade da saúde ambiental, fundamentalmente, os recursos hídricos (Córregos, as águas subterrâneas, as águas de reservação, devido às águas pluviais) são partes disto.

Então, a gestão é todo aquele conjunto de ações e medidas que levam a criar a preservação e o uso racional dos recursos ambientais e que estão dentro desta unidade de planejamento chamada bacia hidrográfica.

Só para ter uma idéia, são criados empreendimentos que tem o planejamento só para investimentos sem manutenção e sem gestão praticamente qualquer obra fica inviável em um curto prazo, com recursos ambientais acontece a mesma coisa. Se forem criadas obras de recuperação ambiental, obras de monitoramento, preservação que sejam acompanhadas com uma gestão rapidamente pode se deteriorar e causar prejuízos ainda maiores, por isso que esta questão é fundamental.

3. *Quais são os instrumentos de planejamento ambiental, em especial na gestão de recursos hídricos, mais utilizados e adequados na sua visão?*

Na área de recursos hídricos os instrumentos que aparecem dentro da política nacional de recursos hídricos são vários começando com planos de bacias ou plano de recursos hídricos, depois passando pelo enquadramento dos corpos d'água em tipos com tipologias de classes, segundo os usos preponderantes de água, outro instrumento também é a outorga pelo uso dos recursos hídricos e a cobrança que é fundamental uma vez que se tem a outorga então ao utilizar estes recursos vem a cobrança por este uso. E ainda tem um instrumento que está em fase inicial que é a compensação aos municípios, isto está na Lei Federal 9433/96. E finalmente, o sistema de informações gerado para recursos hídricos.

Então, estes são os instrumentos que estão hoje vigentes da Política Nacional e na Política Estadual no caso o estado de São Paulo e de outros estados, praticamente é idêntica, ela converge com a Política Nacional do Meio Ambiente.

4. *Sendo os métodos de avaliação ambiental um destes instrumentos, qual é o método mais apropriado para gestão de recursos hídricos na sua visão e por quê?*

A Avaliação Ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, os instrumentos da questão três para planejamento ambiental quando eu elenquei os seis, digamos assim, desses seis, para a Avaliação Ambiental há alguns que são preponderantes. O plano de recursos hídricos é fundamental, porque se você está trabalhando com um horizonte de metas a serem alcançadas, em curto, médio e longo prazo, o plano é o pacto que você cria sobre a bacia de quais serão as ações no decorrer do

tempo, quais serão as intensidades e sensações, em que momento e em que local. Sendo assim, o plano passa a ser um elemento fundamental para a Avaliação Ambiental.

Por outro lado, o sistema de informações colabora com a avaliação ambiental e eu acredito, por uma questão cultural e ainda insipiente, que um dos instrumentos daqueles seis que vem a conversar mais com a avaliação ambiental é a cobrança. Ou seja, um instrumento aplicado diretamente no empreendedor, diretamente no que está desajustado em uma conduta ambiental, seja a pessoa jurídica ou a física, a avaliação ambiental junto com a cobrança, devido a algum tipo de impacto ambiental, são instrumentos que podem trabalhar de forma conjunta.

5. *Qual a sua opinião sobre a integração de modelos e métodos de avaliação ambiental?*

É uma pergunta muito interessante, porque normalmente na área da Engenharia, os modelos usados (modelos matemáticos), trabalham sobre equações que representam um sistema, como o da bacia hidrográfica, por exemplo, então o método muitas vezes foi referido ao procedimento e ao modelo que não necessariamente tem equacionamento. Então, se tomarmos esta hipótese de que modelos podem trabalhados com a lógica até a matemática e que valem para o uso de sistemas, por exemplo, a bacia hidrográfica e que métodos podem ser trabalhados na forma de gestão, com procedimentos, protocolos e guias, então a integração de ambos é clara.

Porque com um deles você pode estimar, calcular, determinar, com precisão ou imprecisão e com o outro você pode criar um procedimento para alcançar determinados estados ou normas ou padrões e determiná-los previamente para o modelo. Por exemplo, um modelo de avaliação para uma recarga de um aquífero na área urbana e por outro lado ter o método de protocolo de preservação da quantidade e da qualidade das águas subterrâneas na área urbana.

Da mesma maneira, se você tiver na prática um procedimento que se torna conhecido e querido pela população, muitas vezes pode ser feito o caminho contrário tentar estimar as vantagens e desvantagens dos procedimentos em termos de impactos ambientais e para isso você vai precisar de um modelo e qual o tipo de equações e formulações.

6. *Tem mais alguma coisa que o senhor gostaria de falar em um âmbito mais generalizado sobre gestão de recursos hídricos? Pois para mim seria importante para contextualizar.*

A Lei Brasileira é muito rica, nos últimos 15 anos temos visto o avanço literal positivo em termos de legislação. Por outro lado, em termos de fiscalização, incluindo o Brasil e América Latina toda, há uma carência forte e portanto, as Leis ambientais com penas ambientais ainda são muito pequenas, sendo que raramente nós encontramos casos do tipo, pois encontramos apenas termos de conduta. Eu vejo que nos próximos 10 ou 20 anos, por exemplo, no caso do município de São Carlos que tem uma dívida ambiental não computada, em termos do tribunal de contas da União, mas não devida em termos de contabilidade anual. Mas, esta dívida ambiental ela é em torno de aproximadamente o mesmo valor do PIB anual do município, então estamos falando de muito dinheiro que está sendo trabalhado de uma forma ineficiente. Do ponto de vista da observação ou uma observação que ainda não alcança para pagar o passivo ambiental, nós temos definitivamente um rombo ambiental da ordem do PIB do município.

Mas como diminuir esta dívida ambiental? Isto vai da questão de como a legislação e como a atitude da população e dos governantes podem trabalhar. Acho que aí a questão fundamental é determinar planejamento de longo prazo e de médio prazo, aquele planejamento que transcende uma gestão municipal de 4 anos e que o plano diretor que há pouco tempo foi aprovado, merece ser acompanhado pelos vários governos que se sucedem. Para isto está faltando no plano diretor do município e de muitos municípios um elemento claro que é o de se estabelecer metas temporais e padrões de qualidade ambiental a serem alcançados no tempo, ou seja, um plano (primeiro instrumento mencionado), sendo que dificilmente um plano diretor saia do papel. Então está faltando isto, por isso é que o Brasil vai, em termos Federal e Estadual, caminhando na direção certa, pois nos planos que vêm adiante veremos muita fiscalização.

Também é importante que o município elabore uma agenda 21 local a altura do slogan da cidade “capital da tecnologia”. Só para terminar tem uma idéia hoje pela planta genérica de valores que para um imóvel unifamiliar que tenha uma arborização com

áreas permeáveis na frente ou dentro do pátio ele pode ter um desconto de 4% no IPTU, em correspondência o imóvel que destina seu uso para o estacionamento de carro, normalmente com uma área impermeável, hoje lamentavelmente este tipo de empreendimento tem um desconto de quase 50% no IPTU, então está havendo uma distorção.

E o que deve ser feito? Tirar estas distorções que existem nas leis municipais. Fundamentalmente a Lei municipal a que estou me referindo é a lei municipal da última PGV que está aprovada pela câmara municipal de São Carlos que ainda tem muito a discutir. Então este é um comentário relativo ao capítulo ou à seção de estímulo ou incentivo ambiental que aparece na Lei, mas lamentavelmente ainda esperamos que estas distorções sejam mudadas em um breve espaço de tempo.

Nome completo: Marcelo Pereira de Souza

Formação: Engenharia Civil - Esc. Politécnica USP (1980) / Administração de Empresas - Univ. Mackenzie (1980)

Especialização: Engenharia Ambiental - Faculdade Saúde Pública - USP – 1984

Mestrado: Saúde Ambiental - Faculdade de Saúde Pública - USP (1989)

Doutorado: Saúde Ambiental - Faculdade de Saúde Pública - USP (1993)

Pós-Doutorado: School of Geography - Clark University - Worcester, MA - USA (1994-95)

Livre Docência: Recursos Hídricos e Meio Ambiente - EESC - USP (1999)

Cargo atual: Professor associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento (USP – São Carlos)

1. Na sua visão qual a unidade de gerenciamento mais apropriada para o planejamento urbano?

Existe um conflito muito grande dependendo do interesse, em um primeiro momento é obvio que é o município. Mas há aquele conflito, ao olhar para um recorte de águas superficiais, a bacia hidrográfica passa a ter uma importância grande. A maior parte das bacias não está dentro do recorte municipal, pois as bacias ultrapassam um outro município, para isto é necessário que haja uma atuação conjunta. Mas se for para responder de maneira geral, seguramente é o próprio município, no recorte administrativo, o gerenciamento municipal é o mais adequado para as questões urbanas, não é o mais adequado para recursos hídricos, mas do ponto de vista urbano me parece o mais adequado. Pois, não adianta você tentar trabalhar com um recorte que não tem poder.

2. Qual a importância da gestão de recursos hídricos nos municípios?

A importância da gestão de recursos hídricos é fundamental, pois a demanda é enorme e ainda a água é um produto escasso, então é fundamental. O problema é saber se o município tem capacidade para administrar isto, porque não é só no mesmo município.

Mas é fundamental, desde o ponto de vista de água como recurso, paisagem, bem-estar, saúde e até do ponto de vista de estrutura urbana.

3. *Quais são os instrumentos de planejamento ambiental mais utilizados e adequados, na sua visão?*

São usados muito poucos, não é? O Zoneamento ambiental, que é o estabelecimento das capacidades que dá a suscetibilidade do meio, ou seja, como é que o meio se comporta perante um determinado estímulo. Por exemplo, um distrito industrial, onde ele é adequado e onde não é, qual é a resposta do meio, o que é adequado, o que é médio, o que é baixo, então este é um elemento fundamental. A Avaliação de Impacto Ambiental nas duas configurações que ela se apresenta tanto macro quanto na Avaliação Ambiental Estratégica. Todos os instrumentos são fundamentais, pois se não houver padrão de qualidade, eu não sei onde eu devo parar; se eu não possuir informações eu não sei como as pessoas vão participar, então uma coisa vai levando a outra.

4. *Sendo os métodos de avaliação ambiental um destes instrumentos, qual é o método mais apropriado para gestão de recursos hídricos na sua visão e por quê?*

A Avaliação Ambiental Estratégica é o instrumento que mais se aproxima de gestão de recursos hídricos, apesar de não estar regulamentada no nosso país, ela tem uma visão um pouco mais sistêmica do processo, como é que os planos vão se interligar, ou seja, processo vai entrar em uma decisão, ou seja, quais os elementos do ponto de vista ambiental que vão compor um processo decisório. O estudo de impacto ambiental para um plano, para o planejamento ele é completamente insuficiente.

5. *Qual a sua opinião sobre a integração de modelos e métodos de avaliação ambiental?*

Se a gente entender que modelo é uma representação da realidade e que toda representação requer uma simplificação, então precisa verificar a qualidade da informação e

o grau de sofisticação ou de limitação que você está a fim de encarar. Os modelos inclusive são muito bons, porque são uma solução muito pobre e a resposta a ser dada é de acordo com a qualidade da sua informação. Ou seja, o modelo é aquilo que se coloca dentro, então vai depender das suas informações. Se for necessário fazer a integração de modelos faça, mas o que é importante nos modelos é a qualidade das informações, o que é fundamental.

6. Tem mais alguma coisa que o senhor gostaria de falar em um âmbito mais generalizado sobre gestão de recursos hídricos e métodos de avaliação ambiental? Pois para mim seria importante para contextualizar.

Eu temo que na universidade a gente seja muito tecnicista e você não envolve a população. Em qualquer processo decisório deve envolver a sociedade, mas não uma participação menor (vou educar a população), isto não. Tem que ser desde o início ouvindo as necessidades do processo decisório como um todo. Não estou falando para lotar um campo de futebol, mas é necessário que se ouça a sociedade organizada nos seus interesses, nas suas demandas, pois é a única maneira de você emplacar alguma coisa, envolvendo os interessados, senão não adianta nada modelo e nada vai adiantar. Se as pessoas não estiverem interessadas nada vai acontecer.

8.2 ANEXO 2 - Fichas de Caracterização do Método PESMU

EROSÃO DO SOLO	
Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais	
Componente: Solo	
Fator: Erosão	1

DEFINIÇÃO

639582*1A erosão é um processo de alteração do solo que envolve o seu transporte e deposição, podendo ser decorrente da submissão do recurso a fatores naturais, como a ação do vento e precipitações, ou ainda, decorrente da ação antrópica sobre o mesmo. Ela pode se manifestar de forma laminar ou por ravinamento.

DESCRIÇÃO

A erosão ocorre naturalmente pela força da água, dos ventos ou de outros fatores climáticos, que podem gerar carreamento de partículas, escorregamentos, colapsos ou outras alterações do solo. As atividades humanas, urbanas ou rurais, podem acelerar os processos erosivos. A forma da implantação das vias urbanas, a condução superficial das águas pluviais e os serviços de terraplanagem são as intervenções decorrentes da urbanização que mais impactam o solo. Pouca atenção tem sido dada também à fase de implantação de obras, especialmente nas aberturas de novos loteamentos. O quadro geral tem mostrado desmatamentos, descobrimento de solos e ausência de

sistemas de proteção durante o período de execução.

Os corpos d'água são os principais meios de condução do solo erodido, carregando os sedimentos, que acabam depositando-se em suas margens e leitos. O acúmulo de sedimentos pode alterar os padrões de escoamento da água e de drenagem, provocar assoreamentos e inundações,

danificar estruturas e modificar as condições da vida aquática.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Pode-se medir a erosão através de parâmetros como a Equação de Perda de Solo (EPS) ou outro índice equivalente. Para seu cálculo são normalmente considerados a susceptibilidade natural do solo à erosão, a erosividade da chuva, fatores topográficos e fatores associados à tipologia de uso. A erosão do solo pode ainda ser verificada pela presença de sedimentos nos corpos d'água, gerando alterações na turbidez. A erosão por ravinamento é perceptível visualmente.

Na presente análise, quando as condições de implantação do projeto contribuírem para acelerar os processos erosivos, ou não forem previstas medidas para corrigir

áreas já impactadas por processos erosivos prévios, será caracterizada uma tendência desfavorável à sustentabilidade. Esta poderá ser neutra, caso o projeto não altere as condições de perda de solo, desde que o mesmo não se encontre na situação de degradação referida. Já uma diminuição da perda de solo devido a práticas conservacionistas adotadas pelo projeto indica uma tendência favorável à sustentabilidade.

ESCALA GEOGRÁFICA

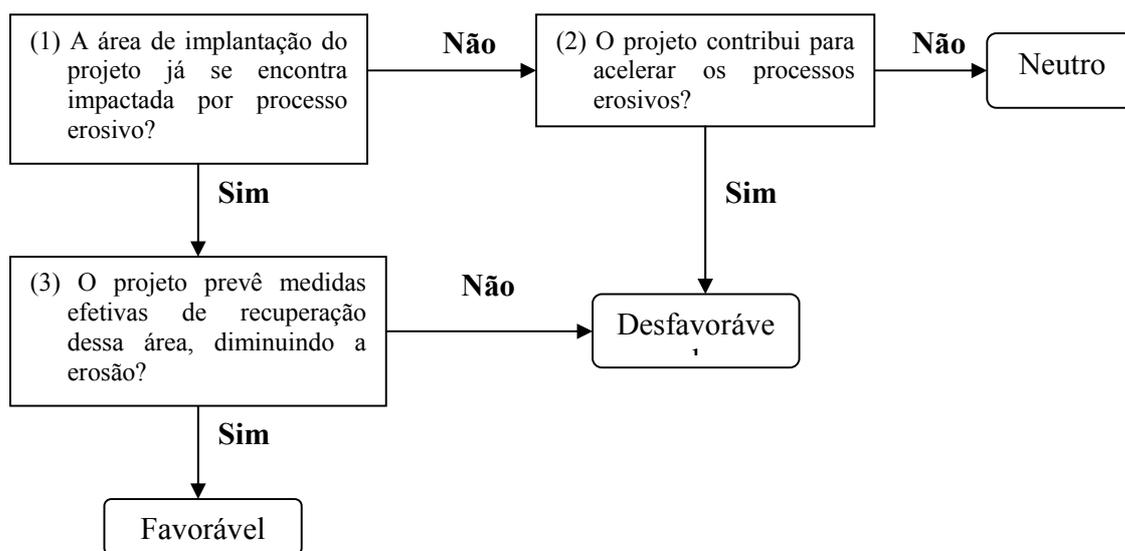
O impacto provocado pela erosão do solo pode não se limitar à área do projeto. O carreamento do material por processos erosivos pode provocar danos aos corpos d'água fora dos limites do objeto de intervenção.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Disponibilidade hídrica, qualidade da água, cobertura vegetal, qualidade do ar, ecossistemas de especial interesse, benefícios ambientais, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Solo: Erosão



Observações:

- caso a questão da erosão do solo se manifeste de formas diferenciadas, para uma mesma intervenção urbana, em pontos distintos da área do projeto, a situação mais desfavorável deverá predominar.

CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais

Componente: Solo

Fator: Contaminação

2

DEFINIÇÃO

A contaminação do solo é a alteração deste recurso natural em termos de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, devido à presença de substâncias lançadas ou depositadas em sua superfície ou pouco abaixo da mesma, comprometendo de forma negativa o seu uso ou acarretando prejuízos ao ambiente.

DESCRIÇÃO

O solo apresenta-se como um elemento relativamente estático, que pode ser afetado em suas propriedades por substâncias que venham a ser postas em contato com ele. Isto pode se dar por meio de lançamentos indiscriminados (lixões, deposição de entulho, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes etc.) ou mesmo de depósitos projetados (tanques de combustíveis ou outros produtos químicos, aterros sanitários e industriais etc.). As características do solo podem ser afetadas em termos físicos (perda de capacidade estrutural, ocupação da superfície por objetos etc.), químicos (acidificação, salinização, presença de substâncias tóxicas etc.) ou biológicos (alteração dos organismos presentes, perda de fertilidade etc.). Muitas destas ações refletem-se sobre a água infiltrada

no sub-solo (aquíferos freáticos e confinados). A atividade humana produz contaminação do solo na medida em que gera os contaminantes e permite que os mesmos entrem em contato com o solo. A urbanização, em particular, contribui para

tal contaminação, ao provocar um aumento na presença dos contaminantes (resíduos ou insumos relacionados às atividades urbanas) ou por favorecer o surgimento de locais propícios aos lançamentos e depósitos.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser identificada a possibilidade de ocorrência de lançamentos de substâncias no solo (em geral resíduos sólidos, sejam de natureza doméstica ou industrial). Tais lançamentos caracterizam contaminação. Da mesma forma, se estiverem previstos depósitos de contaminantes potenciais, os mesmos deverão ser cuidadosamente analisados quanto aos dispositivos de proteção contra fugas, vazamentos e acidentes.

Na presente análise, quando estes últimos dispositivos forem considerados suficientes, tendência de sustentabilidade será considerada neutra. Esta poderá ser favorável, caso não haja qualquer

lançamento ou deposição. Nas demais situações, a tendência será desfavorável.

ESCALA GEOGRÁFICA

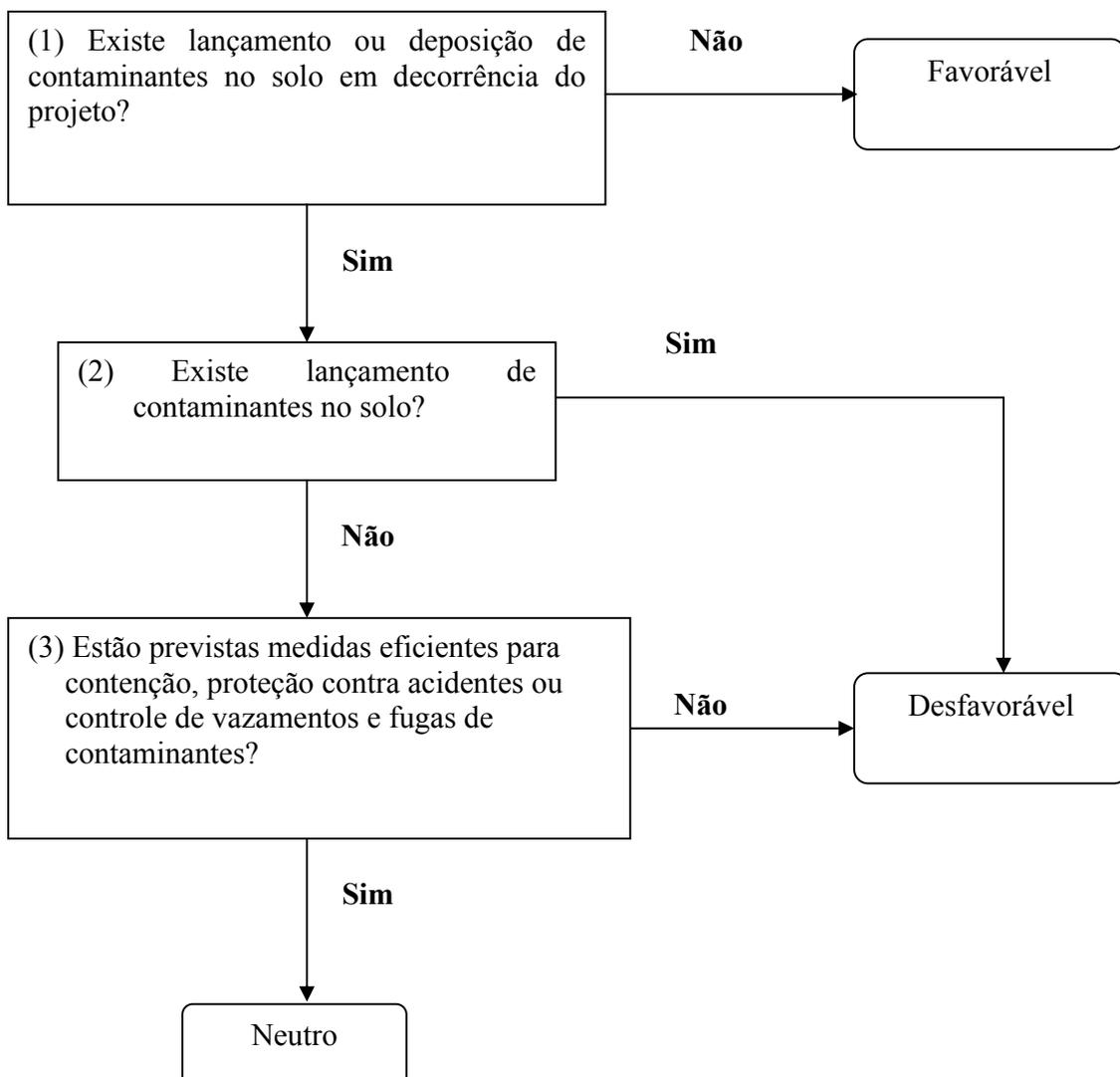
A área de influência em geral restringe-se ao próprio local da implantação, porém poderá ampliar-se quando se tratar de zona de recarga de um aquífero cuja extensão extrapole a área do projeto.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Erosão do solo, qualidade da água, cobertura vegetal, geração de resíduos, destinação de resíduos, ecossistemas de especial interesse (zonas de recarga), riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Solo : Contaminação



Observações:

- deve-se observar que, muitas vezes, o lançamento ou a deposição não estão previstos, porém poderão ocorrer como decorrência de outros fatores. Por exemplo: loteamentos em que há possibilidade de instalação de postos de combustível ou lançamentos de entulhos por falta de determinação de locais apropriados.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais

Componente: Água

Fator: Disponibilidade

3

DEFINIÇÃO

A disponibilidade da água é a existência deste recurso em quantidade suficiente para atender aos diversos usos a que se destina, desde aqueles que implicam na sua captação (abastecimento doméstico, industrial) até os usos como elemento paisagístico ou para a manutenção da vida aquática.

DESCRIÇÃO

A água apresenta-se como um elemento dinâmico, que circula através do ciclo hidrológico. Embora exista em abundância no planeta, sua distribuição é irregular, e as formas a partir das quais pode ser captada são limitadas. As principais fontes são o escoamento superficial (rios, córregos, lagos etc.) e a água infiltrada no sub-solo (aquíferos freáticos e confinados). A atividade humana reduz a disponibilidade, em termos quantitativos, na medida em que retira a água destes compartimentos, ou ainda quando necessita manter volumes

"imobilizados" nos mesmos (por exemplo, para navegação ou geração de energia hidrelétrica). Também pode afetar a disponibilidade ao reduzir a recarga dos aquíferos, favorecendo o escoamento em detrimento da infiltração. A urbanização, em particular, contribui para tal redução, ao provocar um crescimento na demanda por água (pelo aumento da população e das atividades econômicas) ou por acarretar a impermeabilização da

superfície do solo e a remoção de vegetação.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser quantificada a disponibilidade hídrica existente, através de dados hidrológicos relativos aos mananciais superficiais e subterrâneos. Alterações desta disponibilidade em função da implantação do projeto deverão ser avaliadas. Da mesma forma, a demanda

existente e a prevista deverão ser estimadas. Por fim, deverá ser observada a existência, no projeto, de medidas de conservação da água e avaliados os seus efeitos.

Na presente análise, quando o aumento da demanda ou a redução da recarga ocorrerem num contexto de boa disponibilidade, será caracterizada uma tendência neutra. Esta poderá ser mesmo favorável, caso o projeto contemple uma política de conservação da água, traduzida em ações concretas, tais como usos mais eficientes, controle de perdas, reuso e outras. Já um aumento de consumo, ou uma redução da recarga, em situações de escassez natural ou exploração excessiva indicam uma tendência desfavorável à sustentabilidade.

ESCALA GEOGRÁFICA

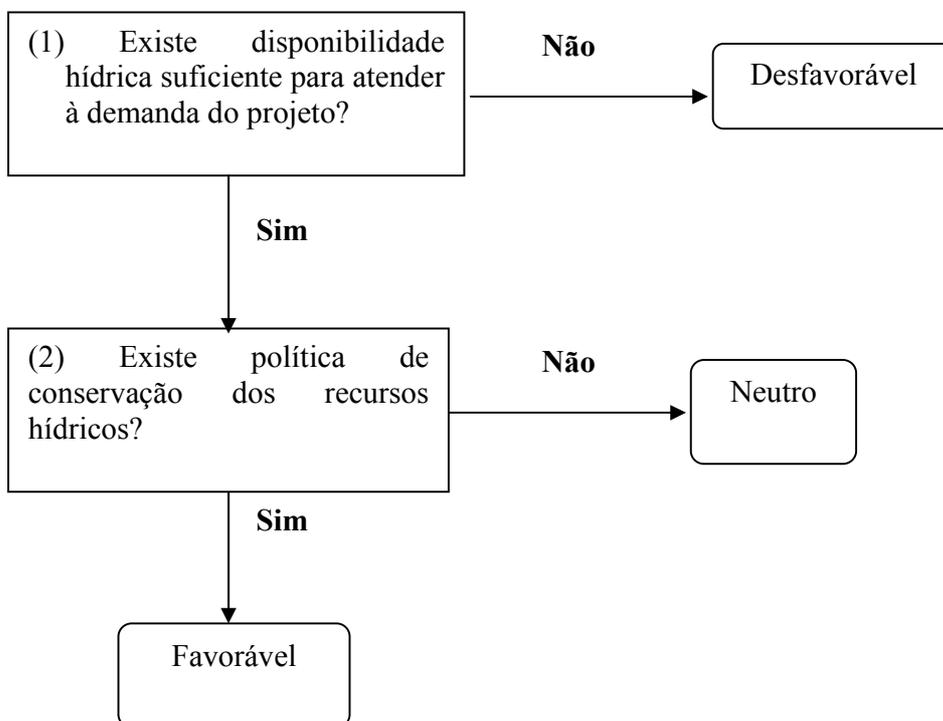
A área de influência poderá ser ampliada, caso a água venha a ser retirada de sistemas já implantados (afetando a capacidade do manancial em uso e das instalações existentes), ou quando se tratar de zona de recarga de um aquífero cuja extensão extrapole a área do projeto.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Qualidade da água, cobertura vegetal, consumo de energia, dispersão de águas residuárias e pluviais, ecossistemas de especial interesse (bacias de mananciais e zonas de recarga).

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Água : Disponibilidade Hídrica



Observações:

- considerar as condições de consumo máximo de água (saturação da ocupação, etapa final de implantação);
- considerar as condições de disponibilidade mínima (estiagens prolongadas, vazões mínimas).

QUALIDADE DA ÁGUA

Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais

Componente: Água

Fator: Qualidade

4

DEFINIÇÃO

A qualidade da água é o conjunto de características físicas, químicas e biológica que este recurso natural apresenta, indicando sua adequação ou não a cada um dos seus diversos usos.

DESCRIÇÃO

O que se denomina normalmente como "água", é, na verdade, uma mistura de H₂O com diferentes tipos de sólidos, gases e outros líquidos. As quantidades destas substâncias, ao lado de características físicas como a temperatura, determinam a qualidade de uma água. Esta varia ao longo das etapas do ciclo hidrológico. Em geral, a água infiltrada no sub-solo apresenta menos sólidos e gases que as águas que escoam superficialmente, embora em condições específicas possa acontecer o contrário. A atividade humana afeta a qualidade da água no ambiente, na medida em que lança substâncias nos corpos d'água (esgotos domésticos, industriais, agrícolas) ou contamina os aquíferos

subterrâneos, ou ainda favorece a erosão do solo ou retira a proteção representada pela vegetação. A urbanização, por sua vez, pode acarretar todas estas conseqüências (exceto a poluição agrícola). Por outro lado, a implantação de sistemas de tratamento de esgotos ou de proteção contra a erosão pode levar à recuperação da qualidade da água.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser avaliada a qualidade do(s) corpos d'água(s) afetados(s) pelo projeto, e estimadas as possíveis alterações. Para esta avaliação, poderão ser empregados Índices de Qualidade de Água (IQAs) já existentes ou propostos para a situação específica. Avaliações qualitativas também podem ser empregadas. A possibilidade de contaminação de aquíferos subterrâneos também deve ser investigada.

No presente caso, o uso preponderante para avaliação da qualidade da água será

o abastecimento público (água para consumo humano), por ser um dos usos mais exigentes, embora em casos específicos possam ser também acrescentadas outras condições. Uma alteração da qualidade que dificulte a potabilização da água indica uma tendência desfavorável à sustentabilidade. Já uma melhoria na qualidade, em decorrência da implantação do projeto, implica na ocorrência da tendência favorável.

ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência poderá ser ampliada, caso os lançamentos de poluentes nos

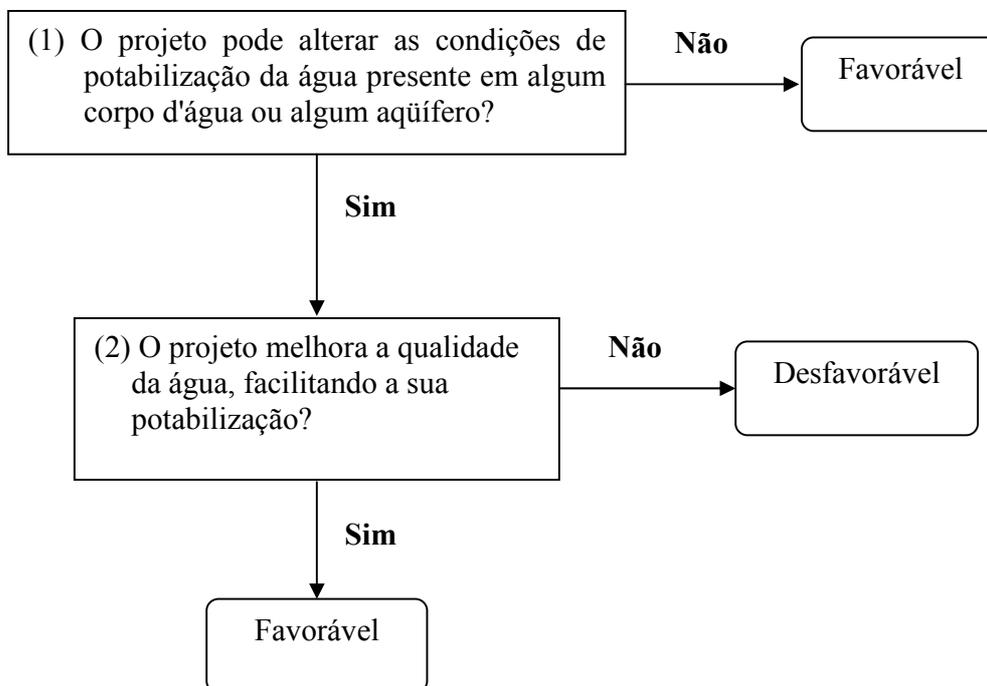
corpos d'água ocorram externamente à área do projeto, afetando os mesmos a jusante. Da mesma forma, quando se tratar de zona de recarga, com uma possível contaminação de um aquífero que extrapole a área do projeto.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Erosão do solo, contaminação do solo, disponibilidade hídrica, destinação de resíduos, dispersão de águas residuárias e pluviais, impactos sobre ecossistemas de especial interesse, benefícios ambientais, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Água : Qualidade



Observações:

- considera-se que a potabilização é facilitada quando a água no meio natural passa a ter características mais próximas à água potável;
- a água é considerada potável quando atende às exigências da legislação referentes ao tema;
- a alteração da qualidade, em termos de potabilização, deve ser considerada mesmo que o corpo d'água ou o aquífero não estejam sendo utilizados, naquele momento, como mananciais para abastecimento.

COBERTURA DO SOLO

Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais

Componente: Vegetação

Fator: Cobertura Vegetal

5

DEFINIÇÃO

Considera-se cobertura vegetal a área ocupada por qualquer espécie vegetal, excetuando-se as de culturas temporárias e incluindo-se a vegetação presente na arborização de vias de circulação.

DESCRIÇÃO

A presença de cobertura vegetal provoca efeitos, geralmente positivos, em termos de: proteção do solo contra a erosão, favorecimento dos processos de evapotranspiração e de infiltração da água no sub-solo, redução da temperatura e da circulação do ar, diminuição de material particulado na atmosfera, aumento da biodiversidade (fauna e flora), atenuação de ruídos, além de aspectos paisagísticos, entre outros. A ação humana tem, ao longo do tempo, reduzido de forma significativa a cobertura vegetal de diversas regiões. A ocupação territorial

que tem sido freqüentemente praticada nos processos de urbanização, seja para abertura de vias e lotes, seja para a implantação dos serviços de infraestrutura, tem alterado drasticamente a cobertura vegetal, muitas vezes deixando o solo completamente exposto, outras vezes impermeabilizando extensivamente a sua superfície.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

A determinação da cobertura vegetal total (CVT) pode ser feita medindo-se áreas a

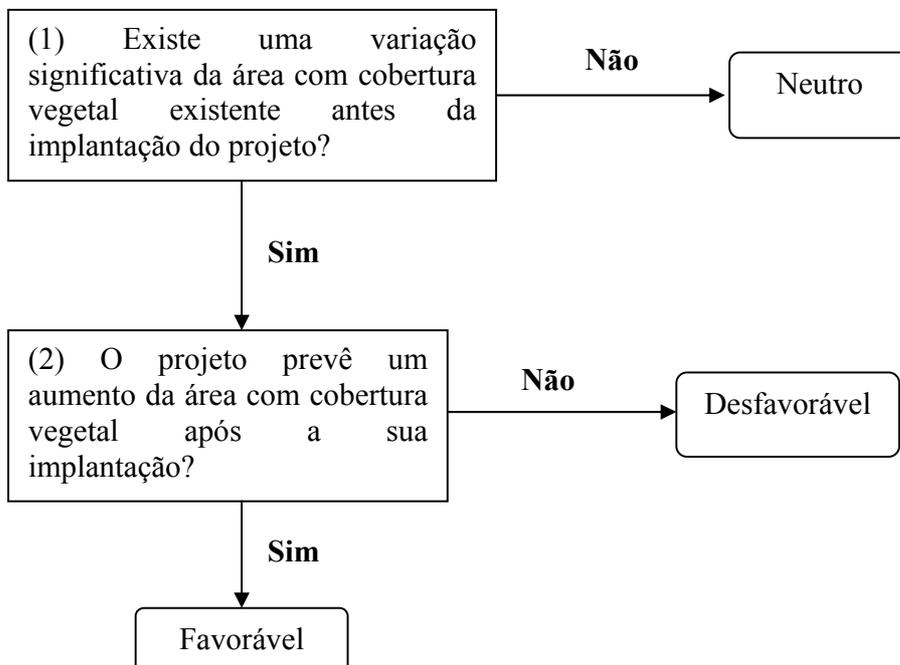
partir de mapas temáticos, ou por meio de medições diretas em campo, considerando-se os diferentes tipos de vegetação presente, ainda que não nativas. Áreas com culturas temporárias, que mantêm o solo exposto por determinado período, não devem ser

computadas no cálculo da cobertura vegetal total. Áreas com culturas permanentes deverão ser analisadas caso a caso, a fim de verificar se as mesmas cumprem satisfatoriamente as funções descritas no item anterior. Caso isto ocorra, poderão ser incluídas na área com cobertura vegetal.

A tendência à sustentabilidade é determinada comparando-se as áreas com cobertura vegetal existentes antes e as previstas para após a implantação do empreendimento. Se houver um aumento, a tendência será favorável. Caso contrário, tem-se uma tendência desfavorável. A manutenção da cobertura vegetal ou uma variação pequena de sua área indicam uma condição neutra.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Vegetação: Cobertura Vegetal



ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência será ampliada se a vegetação afetada representar uma parcela significativa dos remanescentes vegetais da região, ou localizar-se em áreas de mananciais ou recarga de aquíferos cuja extensão extrapole os limites do projeto.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Erosão do solo, disponibilidade hídrica, qualidade da água, cobertura com espécies nativas, micro-clima, benefícios ambientais, riscos ambientais

Observações:

- quando a cobertura vegetal for representada pela arborização de vias de circulação com árvores isoladas, a forma de medição poderá ser alterada, considerando-se, por exemplo, área média de copa, ou mesmo número de exemplares.

COBERTURA COM ESPÉCIES NATIVAS

Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais

Componente: Vegetação

Fator: Cobertura com espécies nativas

6

DEFINIÇÃO

Considera-se como cobertura vegetal nativa a área ocupada predominantemente por espécies típicas da região em questão, ainda que estejam em estágio de degradação ou de recuperação.

DESCRIÇÃO

Além de contribuir com as funções características de qualquer cobertura vegetal (proteção do solo, favorecimento da evapotranspiração e da infiltração da água, redução da temperatura e da circulação do ar, atenuação de ruídos, diminuição do material particulado na atmosfera, entre outras), a presença de espécies vegetais nativas contribui para aproximação das condições naturais do meio em análise, favorecendo as condições ecológicas originais, com reflexos em toda a cadeia florística e faunística. As atividades humanas têm acarretado uma remoção significativa da vegetação nativa de diversas regiões, seja

pela simples supressão da cobertura vegetal, seja pela introdução de espécies exóticas, tanto para usos agro-pecuários, quanto em silvicultura (reflorestamentos) e mesmo para fins paisagísticos. A urbanização tem contribuído para a redução da vegetação nativa tanto pela sua remoção direta, quanto pela introdução de novas espécies para fins de arborização e paisagismo urbano.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

A determinação da cobertura vegetal nativa (CVN) pode ser feita a partir de mapas temáticos ou medições diretas. São consideradas áreas com cobertura vegetal nativa aquelas em que as espécies autóctones predominam, ainda que em estágio de degradação ou regeneração. Deve-se verificar se o projeto identifica tais ocorrências, e também se há uma previsão de recuperação de áreas impactadas ou uma reintrodução de espécies ameaçadas ou já perdidas.

A tendência à sustentabilidade é determinada comparando-se as áreas com cobertura vegetal nativa existentes antes e as previstas para após a implantação do empreendimento. Se houver um aumento, a tendência será favorável. Caso contrário, tem-se uma tendência desfavorável. A manutenção da CVN ou uma variação pequena de sua área indicam uma condição neutra.

ESCALA GEOGRÁFICA

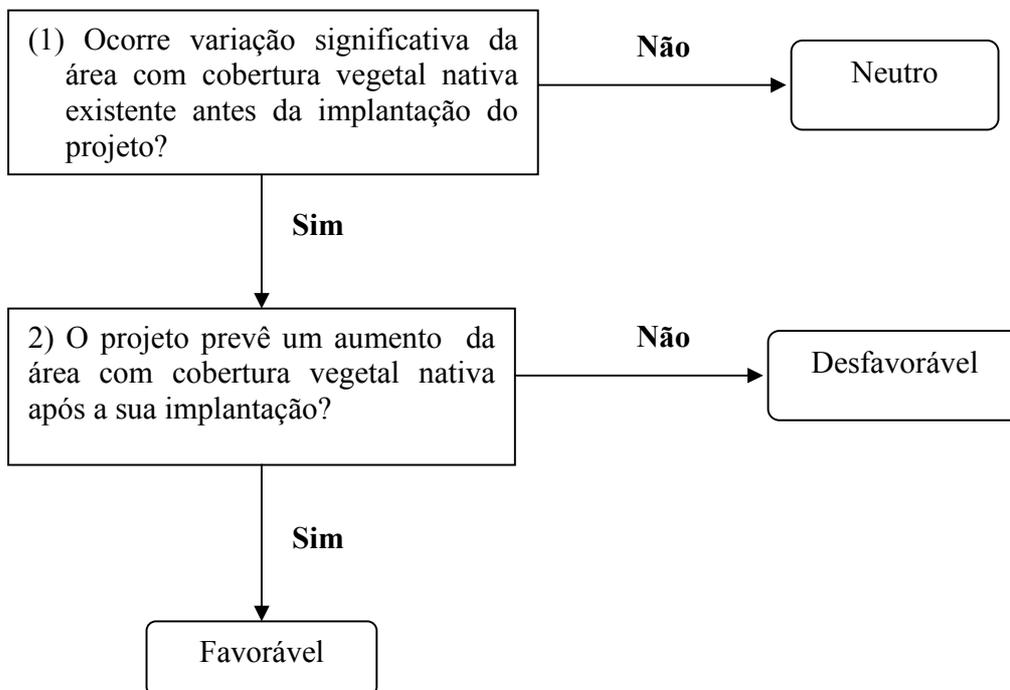
A área de influência será ampliada se a vegetação nativa afetada representar uma parcela significativa dos remanescentes da região.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Cobertura vegetal, ecossistemas de especial interesse, benefícios ambientais, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Vegetação: Cobertura com Espécies Nativas



Observações:

- quando a cobertura vegetal nativa for representada por exemplares isolados (árvores), a medição de sua variação pode se dar através da contagem de indivíduos;
- quando houver mais de um tipo de vegetação nativa e os resultados de sustentabilidade forem diferenciados, predominará, para efeito de análise, a condição desfavorável.

QUALIDADE DO AR

Variável de controle: Capacidade Suporte dos Recursos Naturais

Componente: Ar

Fator: Qualidade

7

DEFINIÇÃO

A qualidade do ar é o conjunto de características que este recurso natural apresenta, em termos de sua composição, indicando sua adequação à manutenção da vida, das condições de saúde e conforto, bem como em relação à conservação de materiais e características estéticas.

DESCRIÇÃO

O ar atmosférico é uma mistura de diversos gases (alguns em proporção aproximadamente constante, outros com variações mais acentuadas), com outras substâncias, na forma de vapores, gotículas e partículas de diferentes dimensões e constituições (poeira, microrganismos, fuligem etc.). As quantidades destas substâncias, em relação estreita com as condições meteorológicas, determinam a qualidade do ar num local específico. Esta pode variar sazonalmente. A atividade humana afeta a qualidade do ar, na medida em que lança substâncias na atmosfera (poeira, gases de escapamentos de veículos, emissões industriais, resíduos de queimadas em áreas urbanas ou rurais) ou afeta as condições meteorológicas (alteração da umidade, da circulação de ventos etc.). A urbanização, por sua vez,

pode acarretar todas as conseqüências citadas (exceto as queimadas rurais).

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser avaliada a qualidade do ar na região afetada pelo projeto, e estimadas as possíveis alterações. Para esta avaliação, poderão ser empregados Índices de Qualidade do Ar já existentes ou propostos para a situação específica. Avaliações qualitativas também podem ser empregadas. Os tipos e as quantidades de emissões atmosféricas possíveis de ocorrer serão um importante instrumento de avaliação.

No presente caso, as características para avaliação da qualidade do ar serão a manutenção das condições de saúde humana e de qualidade ambiental. Uma alteração da qualidade que acarrete danos à saúde ou impactos ambientais indica uma tendência desfavorável à sustentabilidade. Emissões atmosféricas não prejudiciais serão consideradas neutras. Já uma melhoria na qualidade do ar, em decorrência da implantação do projeto, indica uma tendência favorável.

ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência poderá ser ampliada, caso as emissões atmosféricas ou as alterações meteorológicas provocadas

pelo projeto afetem áreas externas ao mesmo.

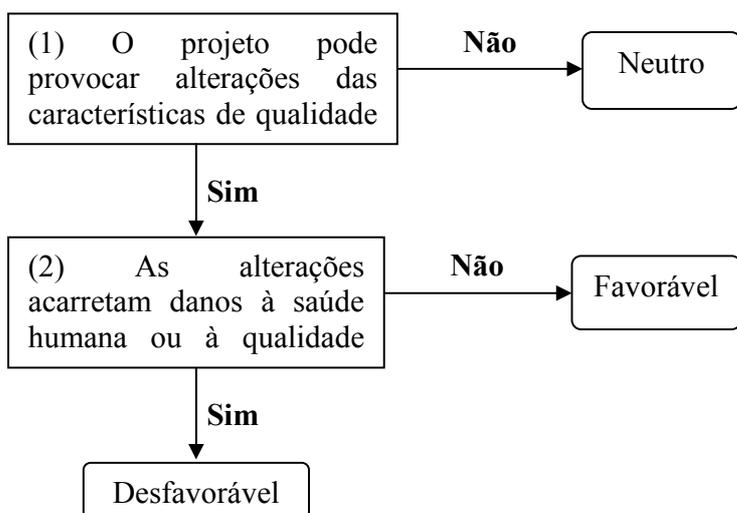
matriz energética, dispersão do ambiente construído, benefícios ambientais, riscos ambientais.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Erosão do solo, cobertura vegetal, microclima, destinação de resíduos,

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Ar: Qualidade



Observações:

- as emissões atmosféricas podem originar-se de fontes estáticas (chaminés, exaustores) ou móveis (veículos)
- as alterações meteorológicas geralmente estão relacionadas com a circulação atmosférica, prejudicando a dispersão dos poluentes.

MICRO-CLIMA**Variável de controle:** Clima**Fator:** Micro-clima**8****DEFINIÇÃO**

O micro-clima é decorrente das alterações feitas, sobre os fatores climáticos globais, pelas condições do meio local, natural ou antrópico. Na relação constituinte do equilíbrio térmico, as principais variáveis a serem consideradas são a temperatura, a radiação, a umidade e a circulação do ar.

DESCRIÇÃO

Os principais fatores que influenciam o micro-clima são a topografia, a latitude, a altitude, a insolação, os ventos, as massas de terra e água, a vegetação, o solo e os componentes do ambiente construído. Frequentemente, o desenho e a tipologia de pavimentação do sistema viário, a disposição de lotes e edificações, a volumetria das edificações, a superfície, disposição e as características dos elementos do paisagismo, entre outros, em geral, não têm sido projetados e implantados considerando seus efeitos nos fatores climáticos. Isso tem provocado diferentes situações de desconforto humano e de alterações de sistemas naturais, com elevado grau de impacto ambiental e a conseqüente redução da qualidade de vida. Um dos efeitos mais característicos das alterações do micro-clima é a formação das denominadas "ilhas de calor" nas áreas urbanas.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deve-se analisar as possíveis alterações que a implantação do projeto acarreta sobre o micro-clima, conforme os aspectos apresentados no item anterior. Da mesma forma, deve-se identificar o uso ou não de técnicas mais adequadas às condições climáticas locais.

A sustentabilidade será avaliada em função das condições de conforto higro-térmico. Caso o projeto seja adequado a estas condições, a tendência será favorável. Isto pode se dar pela compatibilização entre o projeto e a implantação das infra e super estruturas urbanísticas e os princípios bioclimáticos, incluindo o uso de técnicas adequadas (ecotécnicas). Caso contrário, tem-se uma tendência desfavorável. Se não forem detectados efeitos decorrentes do projeto sobre o micro-clima, tendência será neutra.

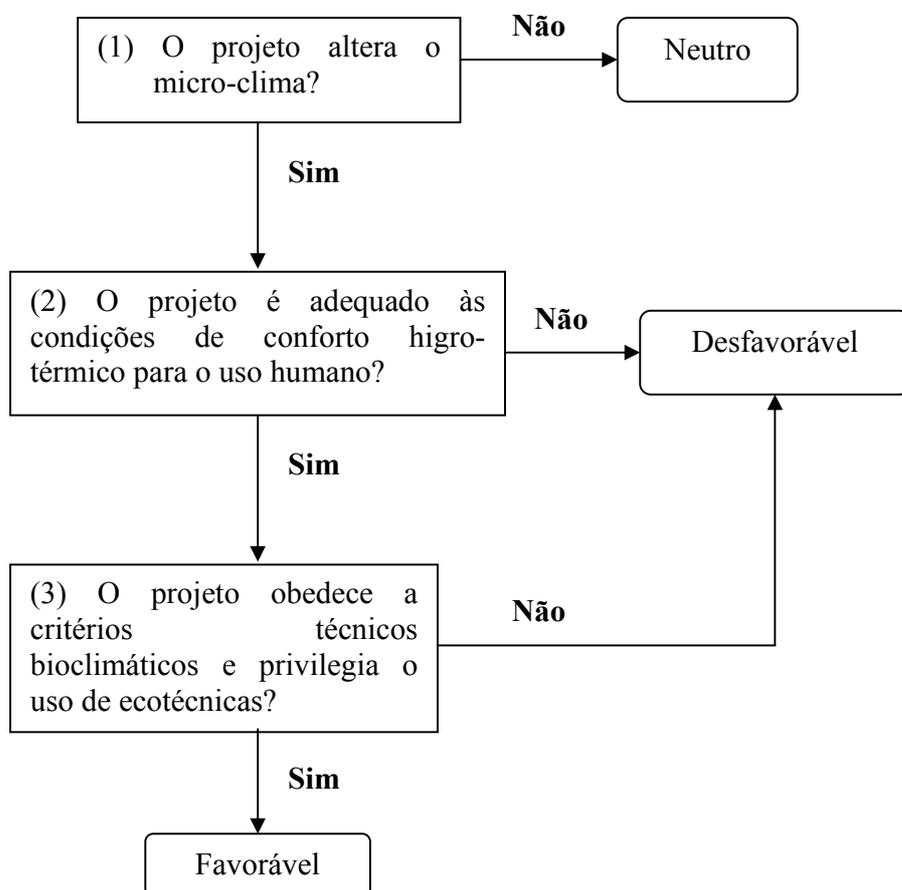
ESCALA GEOGRÁFICA

Geralmente a área de influência está restrita ao local do empreendimento. No entanto, no caso de empreendimentos com alta densidade de ocupação e significativa concentração de calor, pode-se ter uma alteração no micro-clima da área envoltória.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Disponibilidade hídrica, cobertura vegetal, consumo de energia, distribuição espacial do ambiente construído e das águas pluviais, benefícios ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Clima: Microclima**Observações:**

- ecotécnicas é o nome que se pode dar àquelas técnicas que melhor se harmonizam aos fluxos naturais, gerando também baixos impactos ambientais.

CONSUMO ENERGÉTICO

Variável de controle: Energia

Fator: Consumo

9

DEFINIÇÃO

O consumo de energia refere-se à quantidade de energia, nas suas diferentes formas, que deve ser fornecida ao empreendimento ou que será utilizada em função da implantação do mesmo.

DESCRIÇÃO

A energia é um recurso utilizado em praticamente todas as atividades humanas. Algumas destas atividades são: abastecimento de água, preparação de alimentos, deslocamento pessoal e de produtos, iluminação privada e pública, aquecimento, lazer, produção industrial, comunicações, transporte e tratamento de resíduos, etc. As principais fontes são os combustíveis fósseis (gás natural, petróleo, carvão, etc.), o potencial hidrelétrico, a biomassa e a fissão nuclear. Em menor escala, tem-se a radiação solar, os ventos, as marés e outros. Algumas formas de energia podem ser obtidas no local de uso (solar, eólica), enquanto outras dependem de redes de distribuição que podem ser caras e provocam perdas. O aumento das atividades humanas acarreta, em geral, um maior consumo de energia, embora possa-se ter formas de melhorar a eficiência energética, por meio de uma política de conservação (melhorias tecnológicas, controle de perdas, etc.). A urbanização, em particular, gera um aumento no consumo energético,

decorrente da implantação ou expansão de várias das atividades citadas.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser estimado o consumo energético decorrente da implantação do projeto, considerando-se usos diretos (p. ex., bombas hidráulicas ou outros equipamentos mecânicos) ou indiretos (p. ex., uso de veículos por futuros moradores). Deverá ser observada a existência, no projeto, de medidas de conservação de energia e avaliados os seus efeitos.

A sustentabilidade poderá ser avaliada comparando-se as soluções propostas com possíveis alternativas, em termos de energia fornecida por fontes externas. Quando houver alternativa viável que acarrete um consumo energético menor, significa que a tendência no projeto é desfavorável. Esta mesma tendência ocorrerá quando o consumo se der num contexto de escassez de energia. Quando a proposta escolhida for a de menor consumo, a tendência será neutra. Esta poderá ser mesmo favorável, caso o projeto contemple uma política de conservação de energia, traduzida em ações concretas, tais como usos mais eficientes e controle de desperdícios (por exemplo, favorecimento do transporte coletivo, menor necessidade de iluminação artificial, etc).

ESCALA GEOGRÁFICA

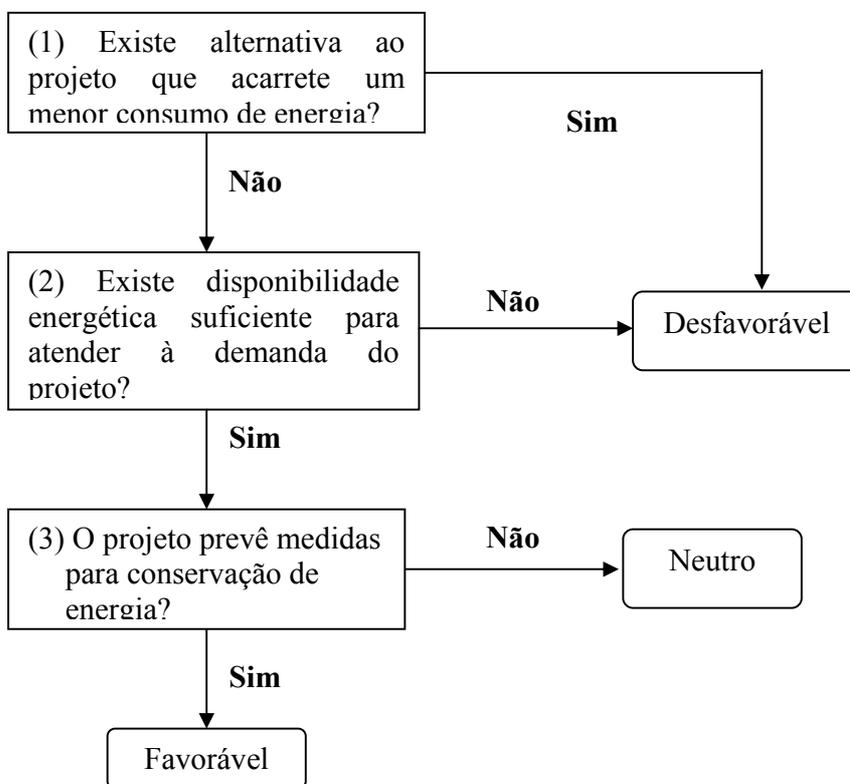
A área de influência poderá ser ampliada, por exemplo, se o fornecimento de energia ao empreendimento acarretar uma ampliação do sistema produtor ou se a retirada de energia de sistemas já implantados afetar o abastecimento energético existente.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Disponibilidade hídrica, qualidade do ar, matriz energética, geração de resíduos, dispersão do ambiente construído.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Energia: Consumo



Observações:

- sob esta variável podem ser comparadas diferentes alternativas desde que atendam às necessidades previstas no projeto. Para instalações de tratamento de água e esgoto, por exemplo, pode-se comparar os sistemas mecanizados com os hidráulicos, seja na totalidade da instalação ou em cada um de seus elementos constituintes. O mesmo pode ser feito entre sistemas por gravidade e bombeados.

MATRIZ ENERGÉTICA

Variável de controle: Energia

Fator: Matriz

10

DEFINIÇÃO

A matriz energética refere-se à combinação das diferentes formas a partir das quais pode-se obter a energia a ser fornecida ao empreendimento ou que será utilizada em função da implantação do mesmo.

DESCRIÇÃO

As formas, a partir das quais se pode disponibilizar a energia para o uso humano, são limitadas. As principais fontes são os combustíveis fósseis (gás natural, petróleo, carvão, etc.), o potencial hidrelétrico, a biomassa e a fissão nuclear. Em menor escala, têm sido usados a radiação solar, os ventos, as marés e outros. Algumas dessas fontes são renováveis, enquanto outras não. Além disto, algumas podem ser obtidas no local de uso (solar, eólica), enquanto outras dependem de redes de distribuição que podem ser caras e provocam perdas. A produção de algumas formas de energia pode ser também altamente impactante, em termos ambientais, como é o caso de grandes usinas hidrelétricas, termelétricas ou nucleares, ou ainda monoculturas extensas para obtenção de biomassa. A matriz associada a um empreendimento em particular é fortemente condicionada pela matriz regional ou mesmo nacional, porém podem-se propor alternativas específicas que contemplem fontes renováveis e de menor impacto ambiental. A urbanização e os sistemas de

água no meio urbano podem prever tais alternativas.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser analisada a matriz energética associada à implantação do projeto, identificando-se as principais fontes geradoras da energia a ser consumida e o peso de cada uma delas. Caso não seja possível uma distinção específica (p. ex., eletricidade proveniente de fonte hidrelétrica e nuclear distribuída por um mesmo sistema), deverá ser observada a matriz regional.

A sustentabilidade poderá ser avaliada considerando-se os seguintes aspectos:

- tendência desfavorável: fontes não renováveis, caracterizada por estoques com possibilidade de esgotamento (combustíveis fósseis, energia nuclear etc.);
- tendência neutra: fontes renováveis, porém com impactos ambientais significativos (grandes hidrelétricas, biomassa obtida de monoculturas extensas ou de desmatamento etc.);
- tendência favorável: fontes renováveis de baixo impacto (solar, eólica, marés, biomassa obtida de resíduos ou de cultivos pouco impactantes, etc).

ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência na maioria dos casos ultrapassa os limites do empreendimento, a não ser que toda a energia possa ser obtida localmente.

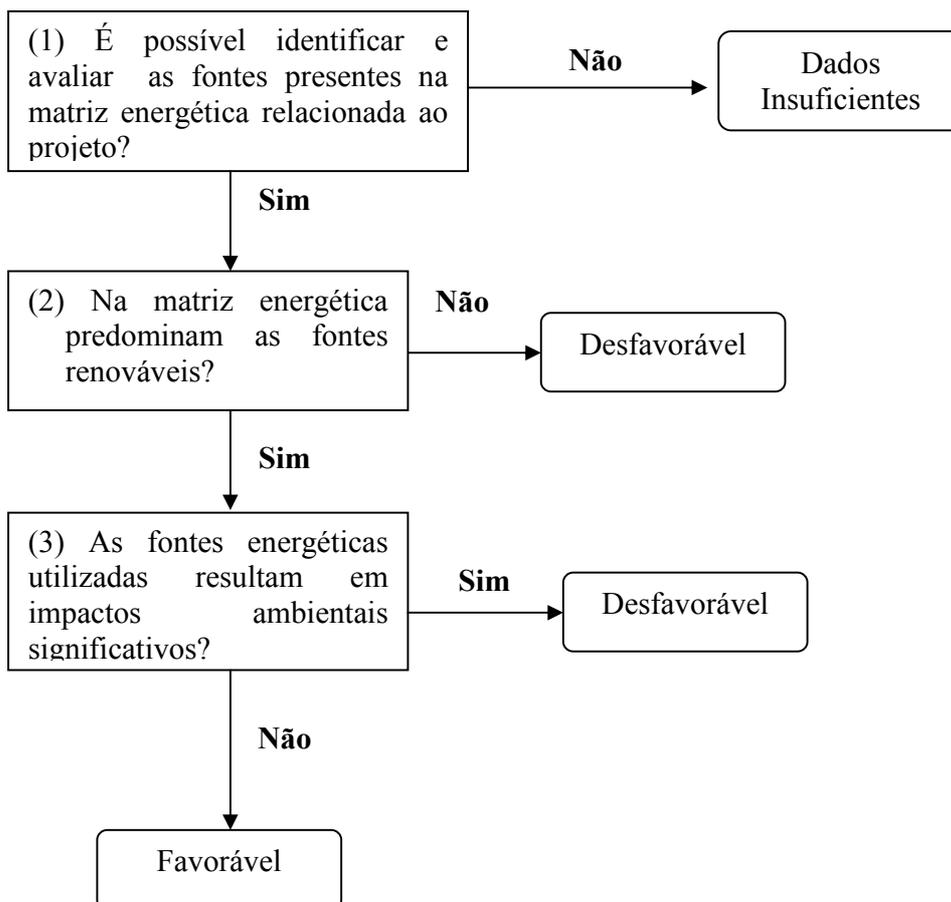
INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Disponibilidade hídrica, cobertura vegetal, qualidade do ar, consumo energético,

geração e destinação de resíduos, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Energia: Matriz



Observações:

- quando fontes de mais de uma das classes ocorrerem, deve-se avaliar o peso relativo das mesmas.

GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Variável de controle: Resíduos

Fator: Geração

11

DEFINIÇÃO

A geração de resíduos será considerada em termos de sua minimização, procurando-se evitar que determinado material (sólido, líquido ou gasoso) passe a ser considerado sem utilidade, necessitando ser descartado no ambiente.

DESCRIÇÃO

A geração de resíduos é inerente a todas as atividades humanas, embora as quantidades e os tipos possam variar. Minimizar os resíduos é procurar evitar que os mesmos sejam gerados, diminuindo as quantidades que são lançadas no ambiente, e que têm de ser coletadas, transportadas, tratadas e dispostas em instalações específicas. A minimização engloba normalmente pelo menos três aspectos (os 3 Rs): a redução (evitar a produção e o uso de materiais que sejam rapidamente descartados); a reutilização (usar novamente um material sem necessidade de um reprocessamento industrial); e a reciclagem (reprocessar o material já usado, gerando novo produto, para uso similar ou não). A minimização reduz tanto os impactos dos resíduos, quanto dos dispositivos destinados a lidar com os mesmos, ao mesmo tempo em que economiza recursos naturais (matérias primas, energia). A ação humana muitas vezes não se preocupa com tais aspectos, voltando-se apenas para eliminar resíduos já produzidos. Incorporar a preocupação com a própria geração dos resíduos é um

avanço que precisa ocorrer, e a urbanização e os sistemas de água no meio urbano podem prever alternativas para tanto.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser analisada a geração de resíduos associada à implantação do projeto, identificando-se as principais fontes, os tipos e as quantidades geradas. Os resíduos poderão ocorrer durante e após a implantação. Políticas de minimização deverão ser identificadas.

A sustentabilidade poderá ser avaliada comparando-se a solução proposta com possíveis alternativas, em termos de geração de resíduos. A não adoção de uma alternativa viável que gere menos resíduos significa que a tendência no projeto é desfavorável. Quando a proposta escolhida for a de menor geração, a tendência será neutra. Esta poderá ser mesmo favorável, caso o projeto contemple também uma política de minimização de resíduos, traduzida em ações concretas, tais como coleta seletiva de resíduos sólidos, reuso de águas residuárias, combate a desperdícios, eliminação de embalagens desnecessárias, favorecimento do transporte coletivo, etc.

ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência pode ser ampliada quando os resíduos gerados (com ou sem

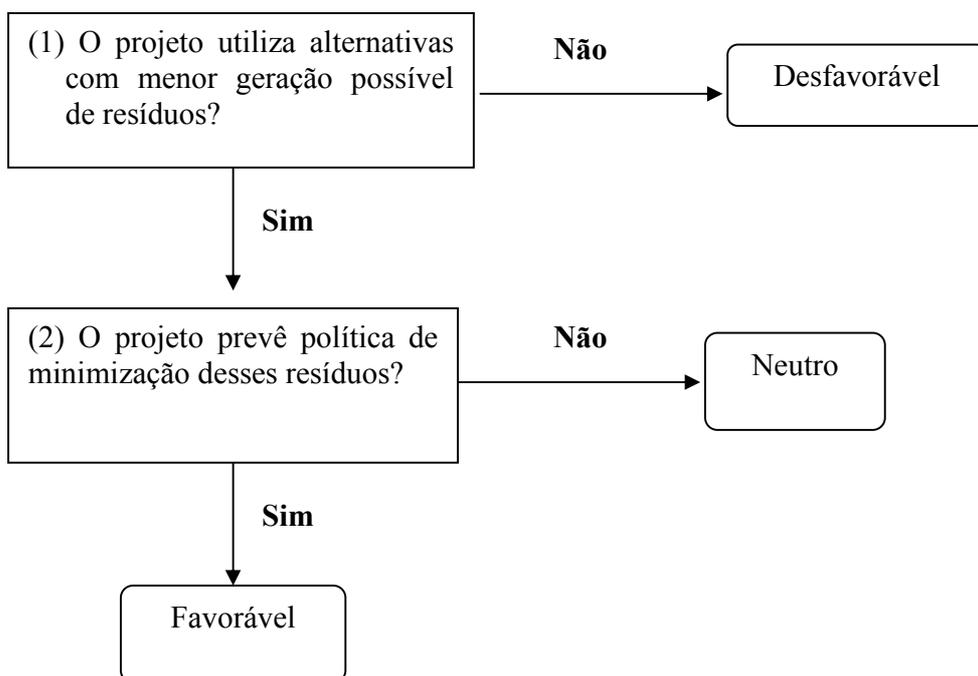
a minimização) são descartados fora dos limites do empreendimento, ou quando os impactos apresentam tal comportamento.

Contaminação do solo, qualidade da água, qualidade do ar, destinação dos resíduos, dispersão das águas residuárias, benefícios ambientais, riscos ambientais.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Resíduos: Geração



Observações:

- a política de minimização deverá estar consubstanciada em ações concretas, com a previsão das estruturas físicas, procedimentos operacionais e recursos necessários para sua implementação.

DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS**Variável de controle:** Resíduos**Fator:** Destinação

12

DEFINIÇÃO

A destinação de resíduos será considerada em termos de sua adequação, considerando-se a utilização de técnicas que reduzam os impactos ambientais decorrentes.

DESCRIÇÃO

Considerando-se que, mesmo com uma minimização eficiente, a geração de resíduos em decorrência das atividades humanas é praticamente inevitável, é necessário que os mesmos sejam devidamente coletados, transportados, tratados e dispostos no ambiente, de modo a que os impactos sejam os menores possíveis. Para tanto, existem técnicas que devem ser usadas de forma apropriada, pois podem também gerar os seus próprios impactos. A urbanização e os sistemas de água no meio urbano podem contribuir para a geração de resíduos, durante ou após a implantação do empreendimento projetado. Exemplos de resíduos são o lixo domiciliar, restos de vegetação, entulhos de obras, águas residuárias, emissões atmosféricas etc. O projeto em análise pode, inclusive, estar voltado especificamente para a questão de resíduos, como seria o caso de um projeto de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deverá ser analisada a destinação prevista para os resíduos associados à implantação do projeto, identificando-se as principais fontes, os tipos e as quantidades a serem coletadas, transportadas, tratadas e dispostas. Os resíduos poderão ser gerados durante e após a implantação.

A sustentabilidade poderá ser avaliada verificando-se, inicialmente, se todos os resíduos apresentam uma destinação tecnicamente correta, seja em instalações previstas no projeto, seja em dispositivos já existentes. Caso isto não ocorra, a tendência será desfavorável. O mesmo ocorrerá se a solução apontada utilizar sistemas já existentes que não sejam apropriados ou estejam com sua capacidade comprometida, ou ainda quando os resíduos do próprio sistema de destinação também apresentarem problemas. Quando o projeto destinar adequadamente os resíduos, a tendência poderá ser neutra ou mesmo favorável, caso se caracterize uma redução dos impactos provocados por resíduos existentes anteriormente à implantação do empreendimento. No caso de diferentes resíduos, com soluções favoráveis e desfavoráveis, esta última condição deverá predominar na avaliação da sustentabilidade.

ESCALA GEOGRÁFICA

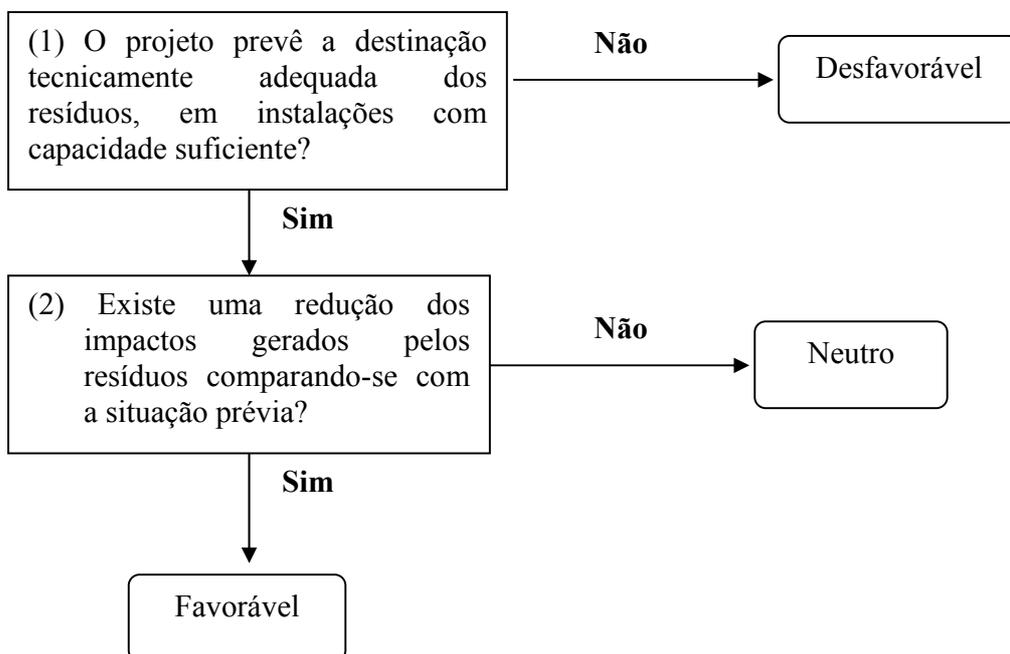
A área de influência pode ser ampliada quando a destinação dos resíduos se der fora dos limites do empreendimento, ou quando os impactos resultantes extrapolarem os mesmos limites.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Contaminação do solo, disponibilidade e qualidade da água, qualidade do ar, geração dos resíduos, dispersão das águas residuárias, benefícios ambientais, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Resíduos: Destinação



Observações:

- poderão ocorrer casos de projetos que não gerem resíduos (ou em quantidade pouco significativa). Por exemplo, a implantação apenas das redes de água ou esgoto, em vias não pavimentadas. Em casos onde não haja resíduos, este item será sempre favorável.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

Variável de controle: Distribuição Espacial

Componente: Ambiente Construído ; Águas Residuárias e Pluviais

Fator: Dispersão

13

DEFINIÇÃO

A distribuição espacial, aqui referida em função da dispersão do ambiente construído e dos sistemas de águas residuárias e pluviais, diz respeito ao grau de concentração, tanto das edificações e de seus pavimentos, quanto das vazões transportadas por aqueles sistemas.

DESCRIÇÃO

O conceito de distribuição refere-se à maior ou menor aproximação com os eventos naturais, quanto à sua dinâmica mais dissipativa e menos convergente, o que leva, na maioria das vezes, a situações de menor pressão sobre o ambiente. Um dos principais efeitos da urbanização é justamente a concentração das atividades humanas, ultrapassando a capacidade de assimilação de impactos pelo meio natural. Em termos de ambiente construído, deve-se considerar a combinação da área total de construção com a projeção da mesma no terreno, buscando-se evitar situações extremas. Excesso de dispersão pode significar uma ocupação excessiva de ambientes naturais, além da ampliação de toda infraestrutura e aumento desnecessário da circulação de pessoas, bens e veículos. Excesso de concentração, por sua vez, representa uma forma de ocupação que se

direciona em sentido oposto ao caráter disperso dos ciclos naturais, podendo gerar situações de falta de iluminação e

ventilação nos ambientes públicos e privados, entre outros efeitos negativos. Quanto aos sistemas de esgotamento e de drenagem, a concentração das vazões, por meio de redes centralizadoras, pode trazer desvantagens ao ampliar os efeitos dos lançamentos em corpos receptores, seja em termos quantitativos (causando enchentes ou inundações) ou qualitativos (com lançamento pontual e dependência de instalação de tratamento única). As soluções mais dispersas, que evitem dirigir toda a água (residuária ou pluvial) para um ou poucos pontos, tende a ser mais flexível e menos impactante.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Para análise da dispersão do ambiente construído utilizam-se, normalmente, de forma combinada, dois indicadores: a Taxa de Ocupação (TO) e o Coeficiente de Aproveitamento (CA). A TO indica a porcentagem de área (do lote ou da gleba) que será ocupada pela projeção das edificações. O CA indica a relação entre a área total a ser construída e a área total do terreno ou da gleba. Situações intermediárias para ambos os indicadores favorecem a sustentabilidade.

A avaliação da dispersão dos sistemas de águas residuárias será função do número de sub-bacias presentes. Uma certa descentralização do sistema é favorável à sustentabilidade. O mesmo ocorre com relação às águas pluviais, acrescentando-se ainda que o favorecimento da infiltração da água no sub-solo é outro fator positivo.

ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência é local, porém suas consequências indiretas podem atingir a região. Por exemplo, as emissões atmosféricas e o gasto de combustível

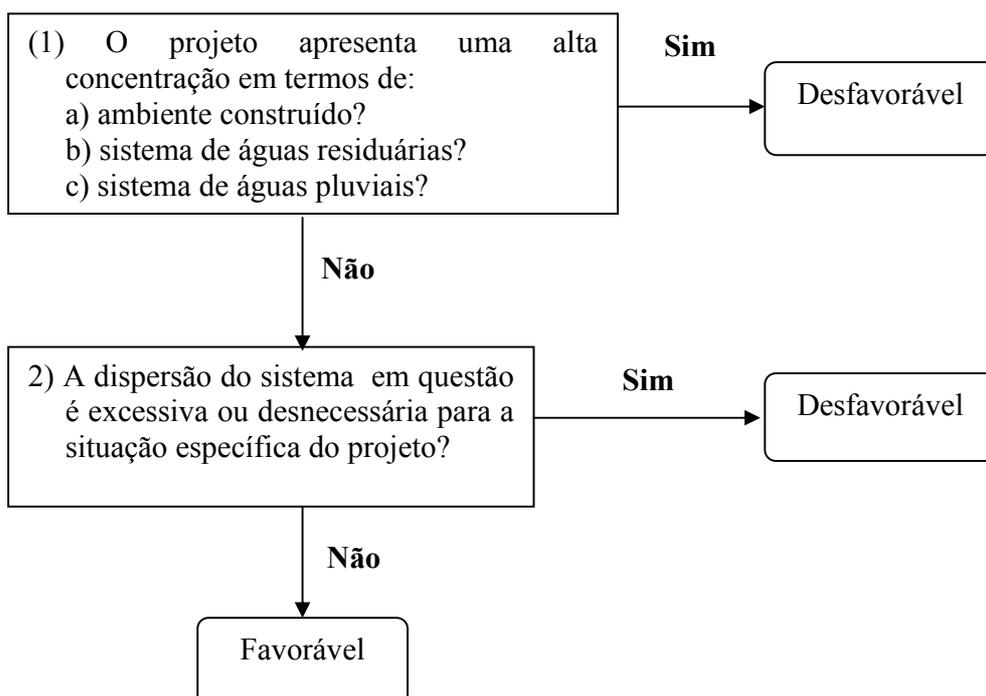
gerados pela circulação de veículos automotores em um empreendimento excessivamente disperso. Ou um excesso de verticalização e adensamento, que podem provocar alterações na circulação do ar numa área envoltória e na redução das capacidades das infra-estruturas urbanas da região em relação às novas demandas.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Consumo energético, qualidade da água, qualidade do ar, micro-clima, benefícios ambientais, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Distribuição Espacial: Ambiente Construído / Águas Residuárias e Pluviais



Observações:

- o fluxograma deve ser seguido para cada um dos componentes considerados.
- da mesma forma, somente serão preenchidas na Matriz as colunas referentes a cada um dos componentes.

ECOSSISTEMAS DE ESPECIAL INTERESSE

Variável de controle: Ecossistemas de Especial Interesse

Componente: Ecossistemas Frágeis / Ecossistemas Protegidos

Fator: Impactos Negativos

14

DEFINIÇÃO

Ecossistemas de especial interesse são aqueles que apresentam característica(s) tal(is) que justifique(m) uma preocupação efetiva com sua conservação ou mesmo sua preservação, sob pena de perda significativa em termos ambientais.

DESCRIÇÃO

Consideram-se como ecossistemas de especial interesse (EEI), inicialmente, aqueles que estão assim definidos em termos legais, na forma de unidades de conservação já criadas, mesmo que não efetivamente implantadas. Estes são aqui considerados como "protegidos". Alguns exemplos são: Parques Nacionais, Reservas Biológicas, Áreas de Proteção Ambiental, margens de corpos d'água, terrenos com alta declividade, áreas de várzeas e manguezais, etc. Além destes, incluem-se aqueles ambientes, aqui referidos como "frágeis", que apresentem alguma vulnerabilidade relativa ao seu conjunto ou a um atributo específico. Este pode ser de natureza física (configuração topográfica, fragilidade do solo, paisagem, etc.) ou biológica (presença de espécie endêmica ou ameaçada, ecossistema com função ecológica significativa, etc.). Tanto os EEI protegidos quanto os frágeis não podem ser submetidos a impactos que causem danos aos seus atributos, de forma direta

ou indireta. A urbanização e os sistemas de água no meio urbano podem contribuir para a geração destes impactos, durante e

após a implantação do empreendimento projetado, em função da ocupação física de áreas onde os mesmos ocorrem, ou como decorrência de ações como lançamentos de águas residuárias, remoção de vegetação, emissões atmosféricas, circulação de veículos, formação de reservatórios, etc.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

A identificação da existência de algum ecossistema de especial interesse associado ao projeto é o primeiro passo a ser dado. Caso o mesmo não ocorra, a tendência à sustentabilidade será neutra, a menos que seja explicitado que a escolha do local levou em conta tal aspecto, apresentando-se a alternativa descartada (obviamente, associada a um EEI). Neste caso, a tendência poderá ser favorável. Caso haja algum EEI, deve-se verificar se a ocorrência de impactos afeta os seus atributos de modo negativo, caracterizando-se, assim, a tendência desfavorável. Se os impactos decorrentes do empreendimento não forem negativos para o EEI, a tendência pode ser considerada favorável, indicando a possibilidade de coexistência entre uma

intervenção urbana e um ecossistema protegido ou frágil.

impactos resultantes da implantação do mesmo.

ESCALA GEOGRÁFICA

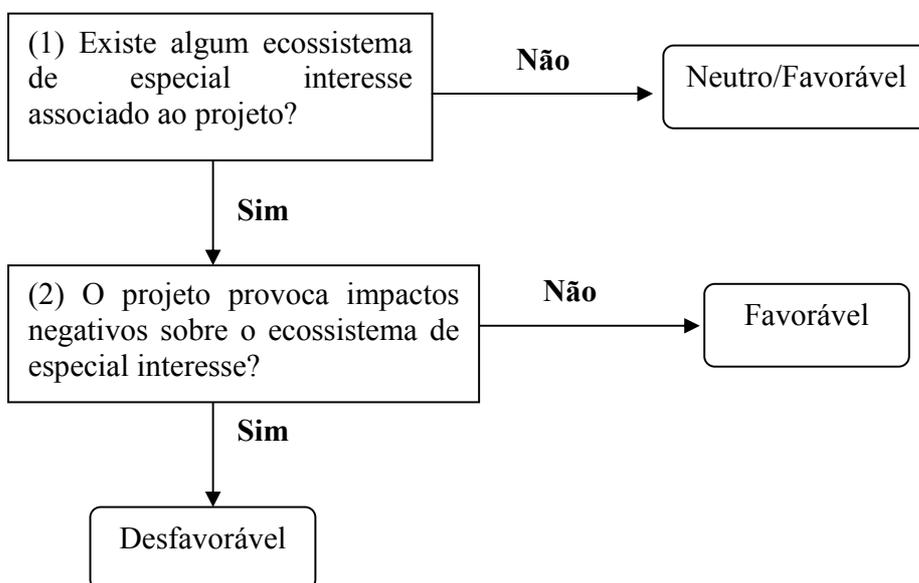
A área de influência pode ser ampliada quando o ecossistema de especial interesse, mesmo estando fora dos limites do empreendimento, for afetado pelos

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Erosão e contaminação do solo, qualidade da água, qualidade do ar, destinação dos resíduos, distribuição espacial, benefícios ambientais, riscos ambientais.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Ecossistemas de Especial Interesse: Impactos Negativos



Observações:

- a distinção entre neutro e favorável na primeira questão depende da existência de um estudo locacional prévio indicando que a escolha não recaiu em outro local associado a um EEI.

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

Variável de controle: Benefícios Ambientais

Fator: Impactos Positivos

15

DEFINIÇÃO

Benefícios ambientais são situações decorrentes de uma interação entre a sociedade humana e o ambiente natural que apontam para um mesmo sentido, caracterizando-se pela ocorrência de impactos positivos.

DESCRIÇÃO

Considera-se a ocorrência de um benefício ambiental quando a ação humana configura-se por uma apropriação do capital natural em que se promova, não só a ausência de danos e a conservação para as gerações presentes e futuras, mas uma contribuição ao meio natural, de forma a recuperá-lo ou regenerá-lo. Busca-se, com isto, valorizar a quebra da continuidade de práticas predatórias que têm ocorrido ao longo da história da humanidade. Ao mesmo tempo, procura-se contemplar a componente temporal relativa ao passado, na medida em que se busca a recuperação de danos anteriores. São exemplos de impactos positivos: o favorecimento do crescimento de vegetação nativa; a recuperação da qualidade de um corpo d'água; a recuperação de ecossistemas de especial interesse, entre outros. Para serem consideradas como benefícios, entretanto, todas estas ações devem ir além do mínimo que se é exigido, seja em termos legais, seja para efeito de mitigação de impactos. O efeito do impacto positivo pode ser a recuperação total da qualidade de determinado ambiente, ou apenas uma contribuição,

mesmo que parcial, para que tal finalidade seja alcançada. O ambiente pode ser afetado pelo projeto na medida em que se encontra dentro ou próximo da área de implantação, ou pode de alguma maneira receber a influência positiva da atividade projetada.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Deve-se identificar a ocorrência de impactos ambientais positivos causados pela implantação do projeto em análise. Alguns destes impactos já poderão ter sido identificados nas análises de outras variáveis de controle, dando origem, na respectiva célula da matriz, a uma tendência favorável à sustentabilidade (F). Assim, a predominância de vários "Fs" configuraria uma situação em que provavelmente se obteria um benefício ambiental. Entretanto, há que se avaliar caso a caso, pois pode ocorrer uma situação desfavorável que seja muito significativa. Para tanto, pode-se utilizar os conceitos de magnitude e importância dos impactos, a fim de quantificar os efeitos dos mesmos.

Caso os impactos ambientais positivos ultrapassem as exigências mínimas, tem-se uma situação favorável. Caso haja benefícios, mas os mesmos sejam obrigatórios (por lei ou para mitigar impactos negativos), a tendência será neutra. Nos demais casos, tem-se uma tendência desfavorável.

ESCALA GEOGRÁFICA

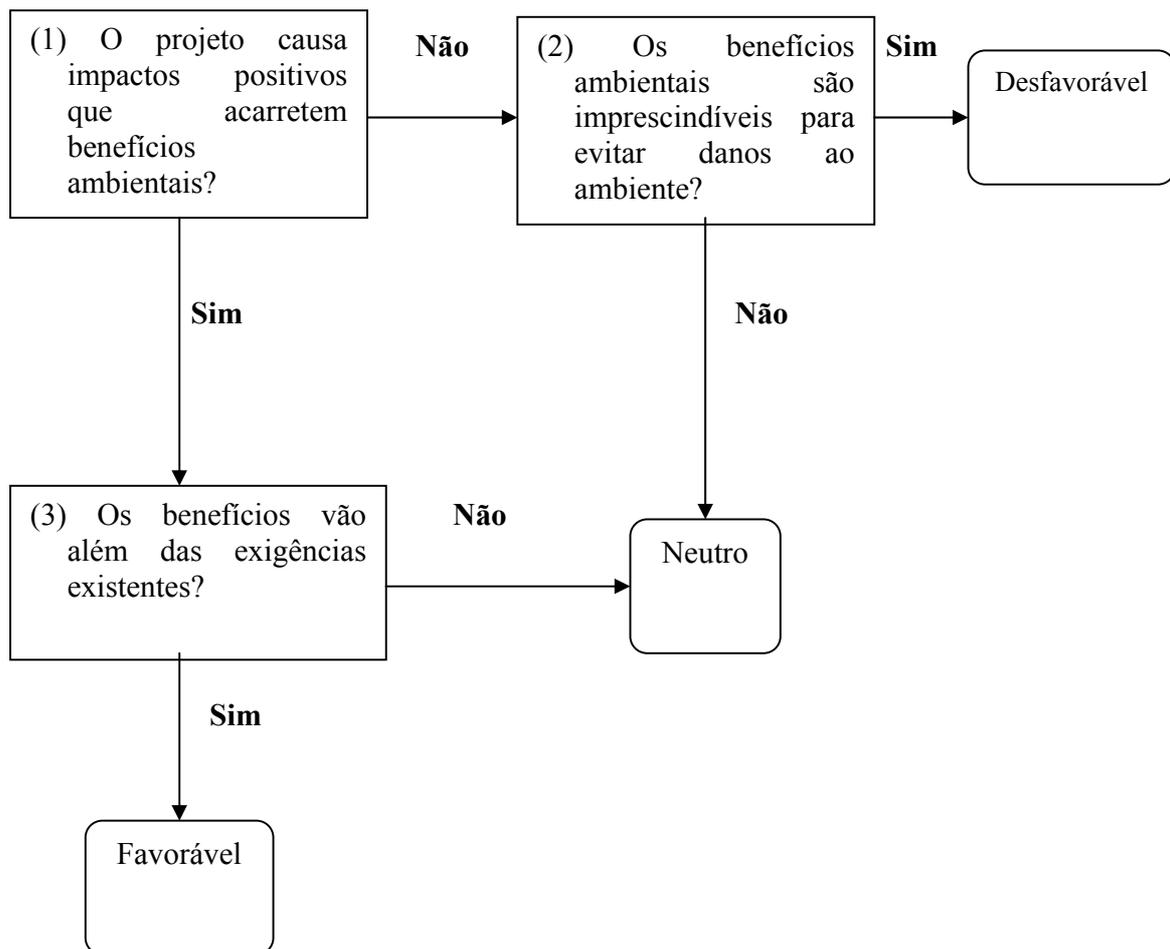
A área de influência pode ir além dos limites geográficos do projeto, na medida em que os impactos positivos atinjam ambientes externos ao mesmo.

INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS

Este fator pode se relacionar com todos os demais que compõem a coluna das variáveis de controle.

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Benefícios Ambientais: Impactos Positivos



RISCOS AMBIENTAIS

Variável de controle: Riscos Ambientais

Fator: Ocorrência

16

DEFINIÇÃO

Risco ambiental é a possibilidade de ocorrência de dano ao meio ambiente ou à vida humana, ocasionado por uma relação adversa e não intencional entre as condições naturais e as características da ocupação antrópica.

DESCRIÇÃO

As intervenções urbanas, sejam de super ou infra-estrutura, geram uma nova condição de interação com o meio ambiente, que podem apresentar situações de risco. Embora os procedimentos e as técnicas empregadas em determinado contexto possam não acarretar impactos quando objetos de atividades de projeto, construção, operação e manutenção bem conduzidos, existe sempre a possibilidade da ocorrência de falhas ou acidentes. Estes podem originar-se de causas naturais ou antrópicas. Existem situações em que as possibilidades podem ser maiores, seja devido a características intrínsecas à técnica, seja às condições ambientais. No primeiro caso, tem-se como exemplo o emprego de processos anaeróbios de tratamento de esgoto, mais sujeitos a desequilíbrios que os aeróbios. No segundo caso, a execução de terraplanagens de grande porte em solos sujeitos a escorregamentos. Por outro lado, há que se considerar também as conseqüências que podem advir da ocorrência do risco. Por exemplo, a passagem de um interceptor de esgoto próximo a um corpo d'água, que pode estar associado a um risco de vazamento,

terá efeito muito mais grave quando se tratar de um manancial para abastecimento de água. A gravidade dos efeitos podem ser medidos em função de suas características de reversibilidade ou cumulatividade.

FORMAS DE AFERIÇÃO PARA ANÁLISE E AVALIAÇÃO:

A análise de risco é uma área de conhecimento bastante desenvolvida, que pode trazer subsídios importantes para uma análise de sustentabilidade. De forma mais imediata e simplificada, as possibilidades de ocorrência de risco poderão ser avaliadas, no presente caso, no decorrer do preenchimento de cada uma das células que compõem a coluna da Matriz.

Se for detectada uma possibilidade significativa de ocorrência de risco, cujas conseqüências forem graves, tem-se uma tendência desfavorável em termos de sustentabilidade. Caso o risco não seja significativo, ou suas conseqüências não sejam graves, a tendência será neutra.

ESCALA GEOGRÁFICA

A área de influência depende de cada célula (que traduz a relação entre as variáveis de controle e as intervenções urbanas) que tenha apresentado potencial de risco.

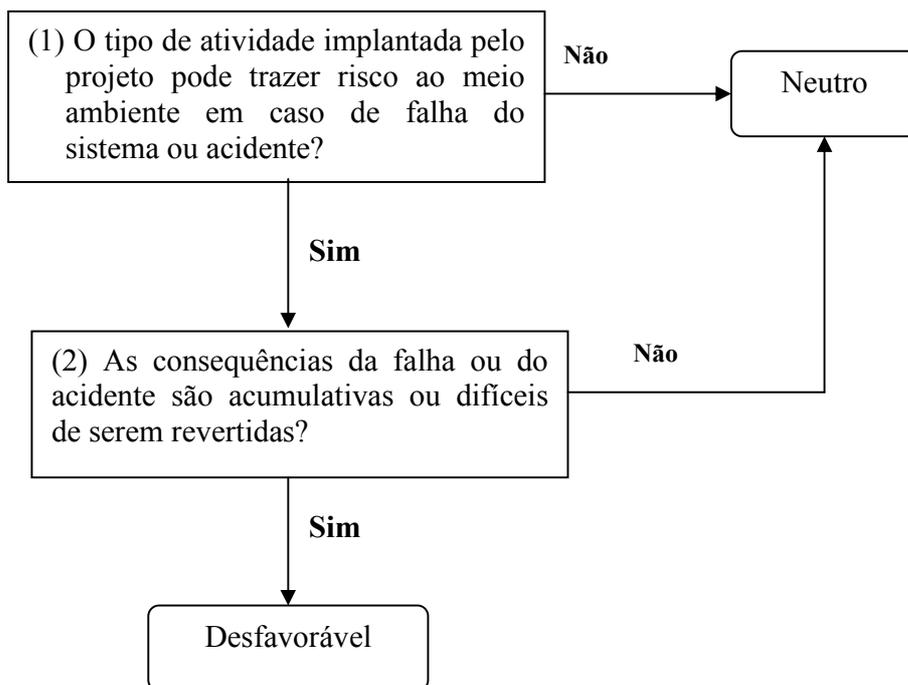
INTERRELAÇÕES PRINCIPAIS:

Este fator pode relacionar-se com qualquer outro da coluna, desde que na

análise da célula deste tenha sido detectado potencial de risco ambiental

FLUXOGRAMA DE ANÁLISE

Riscos Ambientais: Ocorrência



8.3 ANEXO 3 - Equações do Modelo SWAT

- **Produção de água**

O modelo SWAT determina a produção de água superficial na bacia hidrográfica baseada na equação do balanço hídrico:

$$SW_t = SW + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - q_{lat} - q) \quad (1)$$

Onde:

SW: umidade do solo, em mm, conforme Embrapa (1997);

t: tempo, em dias;

R: precipitação diária, em mm, obtida através do pluviômetro;

Q: escoamento superficial, em mm, determinado segundo USDA (1972);

ET: evapotranspiração, em mm, determinada segundo Hargreaves & Samani (1985);

P: percolação, em mm;

q_{lat} : escoamento lateral, em mm, determinado segundo Sloan et al. (1983);

q: escoamento de retorno, em mm, determinado segundo Smedema & Rycroft (1983);

i: passo de tempo, em dias.

- **Escoamento superficial**

O escoamento superficial é estimado utilizando-se a equação proposta por Soil Conservation Service-SCS (USDA-SCS, 1972).

$$Q = \left(\frac{R - 0,2s}{R + 0,8s} \right)^2 \quad (2)$$

Onde:

Q: escoamento superficial diário, em mm;

R: precipitação diária, em mm;

S: parâmetro de retenção, em mm.

O parâmetro de retenção varia de acordo com a sub-bacia, em função do solo, uso do solo, declividade e também com o tempo, devido às alterações ocorridas com a umidade do solo. Este parâmetro está relacionado com a curva número (CN) pela seguinte equação:

$$s = 254 \left(\frac{100}{CN} \right) - 1 \quad (3)$$

A escala de CN não é linear, variando entre 1 (cobertura permeável) e 100 (cobertura impermeável).

- **Evapotranspiração**

A evapotranspiração é determinada pela soma da evaporação do solo e a transpiração das plantas, ambas determinadas em função da evaporação potencial.

- **Evaporação potencial**

O modelo SWAT possibilita a escolha entre três métodos para a estimativa da evapotranspiração potencial: Penman & Monteith, Hargreaves & Samani e Priestley & Taylor. O método adotado para o presente estudo foi o de Penman & Monteith, elaborado em 1965, o qual, segundo Smith et al. (1991) é o mais adequado e descreve melhor o fenômeno.

O método pode ser descrito pela equação, segundo Smith et al. (1991):

$$PM = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (Rn - G) \cdot \frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \cdot \frac{900}{(Tm + 275)} \cdot v_2 \cdot (es - ea) \quad (4)$$

Onde:

PM: evapotranspiração de referência segundo Penman-Monteith, em mm/dia;

Δ : inclinação da curva de pressão vapor versus temperatura do ar, em kpa/°C;

es: pressão de saturação de vapor, em kpa;

Tm: temperatura média do ar, em °C;

γ^* : constante psicrométrica modificada, em kpa/°C;

Rn: radiação líquida na superfície do solo, em MJ.m⁻².dia;

G: fluxo de calor no solo, em MJ.m⁻².dia.

• Evaporação do solo

A evaporação da água no solo é simulada considerando a cobertura no solo, de acordo com a seguinte equação:

$$E_s = (E_0)(EA) \quad (5)$$

Onde:

E_s : evaporação no solo, em mm/dia;

E_0 : evaporação potencial, em mm;

EA: índice de cobertura do solo, sendo função da biomassa sobre o terreno e determinado a partir das informações de cobertura vegetal da bacia hidrográfica.

• Transpiração das plantas

A transpiração das plantas é computada a partir das seguintes equações:

$$E_p = \frac{(E_0)(LAI)}{3} \quad (6)$$

Onde:

E_p : transpiração das plantas, em mm/dia;

E_0 : evaporação potencial, em mm;

LAI: índice de área de folha, simulado em função das temperaturas máximas diárias e da cobertura do solo.

- **Percolação**

A componente de percolação do SWAT usa uma técnica de propagação do armazenamento, combinado com um modelo de fluxo em fendas para simular o escoamento através de cada camada de solo. Uma vez que a água percolou abaixo da zona de raiz, o volume é armazenado como água subterrânea ou surge como escoamento de retorno à jusante do ponto considerado. A técnica de propagação é baseada na equação:

$$SW = SW_0 \exp\left(\frac{-\Delta t}{TT_i}\right) \quad (7)$$

Onde:

SW e SW_0 : umidade do solo no começo e fim do dia, em mm;

Δt : intervalo de tempo (24 h);

TT : tempo de propagação através da camada i , em h;

i : índice de identificação da camada de solo.

Assim, a percolação pode ser computada pela seguinte relação:

$$P_i = SW_{oi} \left[1 - \exp\left(\frac{-\Delta t}{TT_i}\right) \right] \quad (8)$$

Onde P_i é a percolação, em mm/dia.

O tempo de propagação, TT_i , é computado para cada camada de solo i , através da equação linear de armazenamento:

$$TT_i = \frac{(SW_i - FC_i)}{H_i} \quad (9)$$

Onde:

H_i : condutividade hidráulica, em mm/h;

FC: capacidade de campo menos a lâmina de água do ponto de murchamento para a camada i , em mm.

- **Escoamento lateral**

O escoamento lateral é calculado simultaneamente com a percolação, utilizando o modelo de armazenamento cinemático desenvolvido por Sloan et al. (1983). O escoamento lateral de saída é representado por:

$$q_{lat} = H_0^{vw} \quad (10)$$

Onde:

H_0 : espessura da camada saturada do comprimento de rampa (projeção) em m;

V: velocidade do escoamento de saída, em m/h;

W: largura do declive, em m.

A projeção da espessura da camada saturada do comprimento de rampa, H_0 , foi obtida por:

$$H_0 = \frac{2S}{\theta_d \lambda} \quad (11)$$

Onde:

S : volume drenável na zona saturada, em m^3 ;

θ_d : porosidade do solo, em %;

λ : comprimento de rampa, em m.

A velocidade de saída é estimada por:

$$v = K_s \sin(\alpha) \quad (12)$$

Onde:

K_s : condutividade na saturação, em m/h;

$\sin(\alpha)$: parâmetro adimensional que expressa a proporção do total de chuva que ocorre durante o tempo de concentração da bacia

Substituindo as equações 10 e 11 na equação 9 temos:

$$qlat = 0,024 \frac{2SK_s \sin(\alpha)}{\theta_d \lambda} \quad (13)$$

O tempo de concentração na bacia é estimado pela soma do tempo de concentração do escoamento na superfície da bacia e o tempo de concentração do escoamento no canal, sendo totalizado por:

$$t_c = t_{cc} + t_{cs} \quad (14)$$

Onde:

t_{cc} : tempo de concentração para o escoamento no canal, em h;

t_{cs} : tempo de concentração para o escoamento na superfície, em h.

O t_{cc} pode ser computado usando a seguinte equação:

$$t_{cc} = \frac{L_c}{3,6(V_c)} \quad (15)$$

Onde:

L_c : comprimento médio do canal para a bacia, em km;

V_c : velocidade média do canal, em m/s.

A velocidade média é estimada usando a equação de Manning (Chow, 1964), dada por:

$$q = \frac{A}{n} RI \quad (16)$$

Onde:

q : taxa de escoamento média, em m^3/s ;

A : área molhada, em m^2 ;

R : raio hidráulico, em m;

n : coeficiente de rugosidade do canal;

I : declividade do canal.

O modelo assume a seção de canal trapezoidal com 2:1 de declividade lateral e taxa de largura/profundidade de 10:1. A taxa de escoamento média é calculada para uma chuva com duração dada pela seguinte equação:

$$DUR = \frac{4,605}{-2 \ln(1 - \alpha_{0,5})} \quad (17)$$

Onde é o fator de proporção entre a chuva de 24 h e a chuva de 0,5 h. 5,0a
Uma abordagem similar é usada para estimar tcs:

$$t_{cs} = \frac{\lambda}{V_s} \quad (18)$$

Onde:

γ : comprimento da rampa, em m;

V_s : velocidade do escoamento de superfície, em m/s;

A velocidade do escoamento na superfície é calculada aplicando a equação de Manning (Chow, 1964) para uma faixa de 1 m de largura da rampa, assumindo que o escoamento está concentrado dentro de um canal trapezoidal, com 1:1 de declividade lateral e taxa de largura/profundidade 5:1.

- **Escoamento de retorno**

O escoamento de retorno é determinado a partir do balanço hídrico no aquífero raso, definido da seguinte forma:

$$Vsa_i = Vsa_{i-1} + Rc - revap - q_r - perc_{gw} - WU_{sa} \quad (19)$$

Onde:

V_{sa_i} : volume de água do aquífero raso, em m^3 ;

R_c : recarga, em m^3 ;

$Revap$: escoamento que retorna ao perfil do solo, em m^3 ;

q_r : escoamento de retorno, em mm;

$perc_{gw}$: infiltração para o aquífero profundo, em mm;

WU_{Sa} : uso da água, em m^3 ;

I : passo de tempo, em dias.

Smedema & Rycrof (1983) apresentam a seguinte formulação para o cálculo do escoamento de retorno:

$$q_r = \frac{8Kd}{L^2} h \quad (20)$$

Onde:

q_r : escoamento de retorno, em m^3 ;

Kd : condutividade hidráulica, em mm/mm;

L : comprimento do dreno, em m;

H : cota piezométrica, em m.

O parâmetro $revap$ representa a água que retorna para o perfil do solo e é perdida para a atmosfera pela evaporação do solo ou raiz das plantas. O volume perdido é estimado pela seguinte equação:

$$revap = \beta_r ET \quad (21)$$

Onde:

ET : evapotranspiração, em mm;

β_r : coeficiente $revap$ -parâmetro de ajuste do modelo.

O balanço do aquífero profundo é dado por:

$$Vda_i = Vda_{i-1} + perc_{gw} - WU \quad (22)$$

Onde:

Vda: armazenamento do aquífero profundo, em m³;

perc_{gw}: infiltração para o aquífero profundo, em mm;

WU_{DA}: uso da água, em m³;

I: passo de tempo, em dias.

- **Produção de sedimentos**

Será calculada para cada sub-bacia a produção de sedimentos através da Equação USLE modificada (MUSLE), alterada por Williams & Berndt (1977), definida como:

$$y = 11,8(Vq_p)^{0,56} KCPELS \quad (23)$$

Onde:

Y: produção de sedimento, em t;

V: escoamento de superfície, em m³, determinado segundo USDA (1972);

q_p: taxa de escoamento de pico, em m³.s⁻¹, cálculo segundo descrito por Fleming (1975);

K: fator de erodibilidade do solo, segundo tabela exposta por Bertoni & Lombardi Neto (1990);

C: fator de uso e manejo do solo, segundo tabela exposta por Bertoni & Lombardi Neto(1990);

PE: fator de práticas conservacionistas, segundo tabela exposta por Bertoni & Lombardi Neto (1990);

LS: fator topográfico, calculado segundo Wischmeier & Smith (1978).

- **Propagação no canal**

Água e sedimentos chegam até os canais da rede de drenagem.

O cálculo da contribuição da bacia com material líquido pode ser feito pela expressão:

$$O_i = SC(I_i + S_{i-1}) \quad (24)$$

Onde:

O: escoamento de saída, em m³;

SC: coeficiente de armazenamento, em m³, cálculo segundo Williams & Hann (1973);

I: escoamento de entrada, em m³, determinado segundo USDA (1972);

S_{i-1}: armazenamento no trecho do dia anterior, em m³, cálculo segundo Williams & Hann (1973).

O material sólido (sedimentos) pode ser calculado por:

$$SED_{out} = SED_{in} - DEP + DEG \quad (25)$$

Onde:

SED_{out}: escoamento de saída;

SED_{in}: escoamento de entrada, segundo Williams & Berndt (1977);

DEP: deposição, cálculo segundo Arnold et al. (1990);

DEG: degradação, cálculo segundo Williams (1980).

Pelas equações 24 e 25 são obtidas as contribuições de água e sedimentos.