

CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO - UNICENP
JORGE MATTAR NETO

INDICADORES AMBIENTAIS NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA

CURITIBA

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JORGE MATTAR NETO

INDICADORES AMBIENTAIS NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Gestão Ambiental do curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Centro Universitário Positivo (UnicenP).

Orientador: Profº. Dr. Mauricio Dziedzic.

CURITIBA

2007

Dados Internacionais de catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do UnicenP - Curitiba – PR

M435 Mattar Neto, Jorge

Indicadores
ambientais no
reservatório do
Passaúna / Jorge

Mattar Neto. — Curitiba : UnicenP, 2007.
87 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Centro de Estudos Superiores
Positivo – UnicenP, 2007.
Orientador : Maurício Dziedzic.

1. Indicadores ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável.
3. Recursos hídricos – Administração. I. Título.

CDU 504.06

TÍTULO: “INDICADORES AMBIENTAIS NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA”.

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GESTÃO AMBIENTAL (área de concentração: gestão ambiental) PELO PROGRAMA DE MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL DO CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO – UNICENP. A DISSERTAÇÃO FOI APROVADA EM SUA FORMA FINAL EM SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA, NO DIA 27 DE JULHO DE 2007, PELA BANCA EXAMINADORA COMPOSTA PELOS SEGUINTE PROFESSORES:

- 1) Prof. Maurício Dziedzic - UnicenP (Presidente);*
- 2) Prof. Cleverson Vitorio Andreoli, examinador externo, da Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus – UNIFAE;*
- 3) Prof. André Virmond Lima Bittencourt, UnicenP;*
- 4) Prof. Klaus Dieter Sautter, UnicenP.*

CURITIBA – PR, BRASIL

*PROF. MAURÍCIO DZIEDZIC
COORDENADOR DO PROGRAMA DE MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL*

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Agenor e Doly, in memoriam, os meus eternos mestres.

Aos meus queridos filhos, Diogo e Kamille.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Maurício Dziedzic, pela orientação na elaboração desse trabalho.

Ao Centro Universitário Positivo, por viabilizar o desenvolvimento desse estudo.

A minha irmã, Sandra Maria Mattar, pela ajuda e incentivo.

Ao amigo, Claudemir Liberal, pelo apoio e sugestões.

Aos professores do Curso e a todos aqueles que contribuíram com sugestões, críticas e acima de tudo com confiança para que este trabalho tenha se tornando possível.

RESUMO

O desenvolvimento econômico e social não pode ser avaliado sem que a preocupação ambiental esteja presente em todo o processo, configurando os indicadores ambientais como instrumentos de planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais. A importância dos indicadores ambientais está associada à sua utilização como um instrumento para a sociedade avaliar sua própria evolução. No contexto ambiental, indicadores são parâmetros representativos, concisos e fáceis de interpretar, utilizados para ilustrar as principais características de uma determinada região. O presente trabalho apresenta uma proposta de indicadores ambientais para o reservatório do Passaúna, um dos principais mananciais de Curitiba, com base em 14 parâmetros. Apresenta também, uma proposta de determinação de um índice de comprometimento ambiental (ICA) com base na importância relativa de cada um dos potenciais poluidores. Apresenta um exemplo de determinação do ICA, índice de comprometimento ambiental, considerando os dados disponíveis para 6 parâmetros, concluindo-se que o reservatório do Passaúna apresenta forte comprometimento ambiental.

PALAVRAS-CHAVE – Sustentabilidade – Indicador Ambiental – Reservatório do Passaúna

ABSTRACT

Economic and social development cannot be evaluated without considering the environmental aspects, which configures environmental indicators as important instruments for planning and managing urban and rural spaces. In the environmental context, indicators are parameters which are representative of the processes involved, concise and easy to interpret, used to illustrate the main characteristics of a certain area. The present work presents a proposal of environmental indicators for the Passaúna reservoir, one of the main sources of drinking water in Curitiba, based on 14 parameters. It also presents a proposal for the determination of an environmental damage index (ICA), based on the relative importance of pollution threats. An example is shown, considering the available data for 6 parameters, which indicates that the Passaúna reservoir is under strong environmental stress.

Key- words: Sustainability – environmental indicator –Passaúna reservoir

LISTA DE FIGURAS

1 – O MODELO P.E.R.....	31
2 – O MODELO F.E.R.....	32
3 – O MODELO F.P.E.I.R.....	34
4 – VALORES DOS ÍNDICES DA CARTA DE CONTROLE.....	41
5 – AVALIAÇÃO DE QUALIDADE AMBIENTAL.....	42
6 – LOCALIZAÇÃO DA APA DO PASSAÚNA	64
7 – LAGO DA REPRESA DO PASSAÚNA E MUNICÍPIOS VIZINHOS	68
8 – POTENCIAL DE POLUIÇÃO DE CADA INDICADOR, NO CONJUNTO DE INDICADORES, EM PORCENTAGEM	71
9 – CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA	75
10 – PRESENÇA DE CLOROFILA NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA	76
11 – PROFUNDIDADE DE SECCHI NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA.....	77

LISTA DE TABELAS

1 – CATEGORIAS AMBIENTAIS E CLASSIFICAÇÃO EM 1970.....	26
2 – CATEGORIAS AMBIENTAIS E IMPORTÂNCIA RELATIVA.....	26
3 – DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE NACIONAL.....	27
4 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO I.D.A.....	35
5 – CLASSIFICAÇÃO DAS ALTITUDES DE UMA SUB-BACIA.....	46
6 – MODELO P.E.R. DO PLANO DE ÁGUAS DE AÇORES.....	51
7 – CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTOS PELA C.D.S. DA ONU.....	53
8 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS – I.B.G.E.....	55
9 – CLASSIFICAÇÃO DA ESCALA DE POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO.....	60
10 – ESCALA DE INTENSIDADE DE COMPROMETIMENTO	61
11 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS SELECIONADOS	66
12 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS E CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO.....	69
13 – MATRIZ DE VALORAÇÃO DE MUDGE REFERENTE AO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DOS INDICADORES SELECIONADOS	70
14 – ÁREA DOS MUNICÍPIOS INSERIDOS NA ÁREA DE ESTUDO E INDICADORES UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DO I.C.A.	72
15 – CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DOS INDICADORES USADOS NO EXEMPLO	77
16 – MATRIZ DE VALORAÇÃO DE MUDGE REFERENTE AO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DOS INDICADORES USADOS PARA A DETERMINAÇÃO DO I.C.A. GERAL.....	78
17 – DADOS REFERENTES A TRÊS ESTUDOS DE SENSIBILIDADE DO ICA....	80

LISTA DE SIGLAS

ADEGA	– Associação para a Defesa Ecológica de Galicia
AEMA	– Agência Europeia do Meio Ambiente
APA	– Área de Proteção Ambiental
CDS	– Comissão de Desenvolvimento Sustentável
CEPAL	– <i>División de Estadística y Proyecciones Económicas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe</i>
CTEEM	– <i>Colbert-Thien Environmental and Evaluation Management System</i>
EDEA	– Esquema para o Desenvolvimento de Estatísticas Ambientais
EEA	– Agência Europeia de Meio Ambiente
EENU	– Escritório de Estatísticas das Nações Unidas
FER	– Força Motriz, Estado e Resposta
FPEIR	– Força Motriz, Pressão, Estado e Resposta
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	– Índice de Comprometimento Ambiental
IDA	– Índice de desenvolvimento Ambiental
LCL	– Limites de Controles Inferiores
OCDE	– Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	– Organização das Nações Unidas
PER	– Pressão, Estado e Resposta
RMC	– Região Metropolitana de Curitiba
SANEPAR	– Companhia de Saneamento do Paraná
SIG	– Sistema de Informações Geográficas
UCL	– Limites de Controles Superiores

SUMÁRIO

RESUMO	05
ABSTRACT	06
LISTA DE FIGURAS	07
LISTA DE TABELAS	08
LISTA DE SIGLAS	09
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	15
1.4 OBJETIVO	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 AS QUESTÕES AMBIENTAIS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA...	18
2.2. CONCEITOS DE INDICADORES AMBIENTAIS	21
2.3. PRINCIPAIS MODELOS DE INDICADORES UTILIZADOS NAS	
ANÁLISES AMBIENTAIS	24
2.3.1 O primeiro índice ambiental apresentado.....	25
2.3.2 O modelo EDEA	28
2.3.3 O modelo PER	29
2.3.4 Os modelos ampliados.....	32
2.4 EXEMPLOS DE MODELOS APLICADOS	34
2.4.1 Mineradora.....	34
2.4.2 Campo de Golfe.....	39
2.4.3 Bacia Hidrográfica.....	43
3 INDICADORES CONSTITUÍDOS EM ORGANIZAÇÕES NACIONAIS E	
INTERNACIONAIS	48
3.1 OS 12 INDICADORES – GALÍCIA INSUSTENTÁVEL.....	48
3.2 INDICADORES AMBIENTAIS COMO SUPORTE A GESTÃO DE	
RECURSOS HÍDRICOS – (PORTUGAL)	50
3.3 INDICADORES PROPOSTOS PELA CDS – ONU	53
3.4 INDICADORES AMBIENTAIS – IBGE.....	54

4 METODOLOGIA	57
5 PROPOSTA DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE AMBIENTAL NO RESERVATÓRIO DO PASSAÚNA	63
5.1.A ÁREA DE ESTUDO.....	63
5.2 SELEÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAIS.....	65
5.3 PROPOSTA DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE AMBIENTAL.....	67
5.3,1 Análise de sensibilidade do indicador.....	79
6 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A partir da década de 70, o mundo começa a demonstrar sua preocupação com as questões ambientais, quando surgem reuniões de âmbito mundial para discussão dos problemas do meio ambiente. A busca por soluções encontra sua direção no conceito de desenvolvimento sustentável que deve enfatizar a nova consciência ambiental da sociedade globalizada. A constatação do problema atual alerta para os problemas futuros, como bem descreve Camargo:

Se um dos mais importantes avanços do século XX foi o despertar de uma consciência ambiental e da necessidade de encontrar um equilíbrio entre as ações humanas e a preservação do meio ambiente onde vivemos, os desafios para o século XXI relacionados à busca de soluções para nossos graves e globais problemas socioambientais serão, contudo, muito mais complexos e profundos, uma vez que já há sinais evidentes de uma crise de insustentabilidade ecológica e social que se arma em todo o planeta (CAMARGO, 2003, p.14).

A demanda pelos limitados recursos naturais está sempre crescendo e, portanto, torna-se imprescindível a tomada de decisões de forma bem cuidadosa, bem como a verificação do impacto do crescimento na utilização desses recursos. A poluição do ar, mares e rios, o efeito estufa, a diminuição da camada de ozônio e o comprometimento dos recursos hídricos são alguns dos problemas ambientais decorrentes, principalmente, do aumento da população mundial e hoje fazem parte das discussões em todo o mundo.

Dentre os problemas ambientais que o crescimento populacional nos grandes centros, o comprometimento das bacias hidrográficas merece uma atenção especial, pois como descreve Araújo:

Durante a urbanização, os espaços permeáveis, inclusive áreas vegetadas e bosques, são convertidos para o uso que, geralmente, provoca o aumento de áreas com a superfície impermeável, resultando no aumento de volume do escoamento superficial e da carga de poluentes. Embora a urbanização possa melhorar o uso do solo para uma grande variedade de condições ambientais, ela geralmente resulta em alterações nas características físicas, químicas e biológicas da bacia hidrográfica (ARAUJO, 2005, p.63).

Isto significa que a urbanização quando não é planejada de forma adequada, interfere na qualidade da água dos mananciais, como resultado das ações do homem sobre a natureza, que, criando superfícies impermeáveis não possibilita a infiltração natural comprometendo a qualidade das águas em decorrência da carga de poluentes que ali se acumulam.

Hoje, o desenvolvimento econômico e social não pode ser considerado sem que a preocupação ecológica esteja presente em todo o processo, configurando os indicadores ambientais como instrumentos de planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais. Tendo um conjunto de indicadores como ferramentas para o planejamento, ter-se-á parâmetros para um melhor aproveitamento dos recursos naturais e também para a indicação de medidas preventivas de degradação ambiental e conseqüentes prejuízos econômicos.

Para verificar se o caminho do desenvolvimento sustentável está sendo trilhado necessita-se de indicadores apropriados, sintetizando a relação da sociedade com o meio ambiente, propiciando condições para o monitoramento das condições atuais e colaborando para o planejamento de ações futuras.

A identificação da informação relevante, capaz de potencialmente esclarecer a existência de quaisquer processos não-sustentáveis de desenvolvimento na relação entre sociedade e meio ambiente, é algo somente possível para uma sociedade se ela dispuser de instrumentos científico-técnicos e políticos construídos com essa finalidade (FENZL, 1997).

1.2 JUSTIFICATIVA

A importância dos indicadores está associada à sua utilização como uma ferramenta para a identificação de parâmetros, que servirão na elaboração e monitoramento do planejamento ambiental dos espaços urbanos e rurais. Indicadores de sustentabilidade “são ferramentas essenciais para monitorar processos de desenvolvimento, porque devem combinar tendências sociais, econômicas e ambientais em uma perspectiva sistêmica ilustrando suas interdependências e interrelações” (RIBEIRO, 2000a).

O conjunto de indicadores ambientais servirá para propiciar um melhor aproveitamento dos recursos naturais e também para indicação de medidas preventivas de degradação ambiental.

Com o propósito de avaliar/monitorar o desenvolvimento da região, assim como possibilitar que esse se torne sustentável, necessita-se dos indicadores ambientais, que são instrumentos usados em busca de mensurações dessa sustentabilidade. Em relação ao reservatório do Passaúna, as dificuldades em gerenciar problemas que envolvem o uso do reservatório e a garantia da conservação, bem como, da melhoria da qualidade ambiental das águas e da região de influência, podem ser minimizadas com a utilização de indicadores ambientais.

1.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Em 1988 foi sancionada a Lei Estadual 12.248, (SANEPAR, 2001), que criou o Sistema Integrado de Proteção aos Mananciais, introduzindo novos conceitos de gestão na preservação dos mananciais. Como consequência, procedeu-se à implementação dos Zoneamentos Ecológicos-Econômicos das Áreas de Proteção Ambiental (APA) dos rios Iraí e Passaúna. Esses zoneamentos, pautados na legislação federal que norteia a criação e a gestão de APAs, objetivam a “... proteção e a conservação da qualidade ambiental e dos sistemas naturais ali existentes, em especial a qualidade e a quantidade de água para fins de abastecimento público...”(Decreto Estadual 1.753/96). A APA do Passaúna foi instituída pelo Decreto Estadual nº 458, de 05 de junho de 1991, e teve seu primeiro Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado em 26 de maio de 1995, através do Decreto Estadual nº 832.

Após a Conferência Mundial para o Meio Ambiente – Rio 92, o desenvolvimento sustentável se consolidou como grande destaque na luta pelas causas ambientais e poderá acontecer de forma cada vez mais eficaz se forem utilizados parâmetros confiáveis de avaliação.

A proposta presente neste estudo é resultado de uma análise dos indicadores ambientais no reservatório do Passaúna e que visa colaborar com a discussão das causas ambientais procurando respostas para as seguintes questões:

- i) Qual o conjunto de indicadores que melhor representa a situação ambiental do reservatório do Passaúna?
- ii) Como mensurar a qualidade ambiental do reservatório do Passaúna?

1.4 OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo apresentar indicadores ambientais, através de informações disponíveis, que possam servir como um instrumento de planejamento e monitoramento das condições ambientais do reservatório do Passaúna, situada na região metropolitana de Curitiba.

Apresentar uma metodologia de determinação de um índice, com base nesses indicadores, que possibilite avaliar o estado do meio ambiente da região do reservatório do Passaúna e identificar quais os potenciais poluidores que exercem maior influência, entre os indicadores selecionados,

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em seis capítulos, o primeiro, introdução, que mostra a relevância do tema estudado, apresenta o problema, bem como indica os objetivos e os procedimentos metodológicos.

No segundo capítulo, discute-se a importância do desenvolvimento dos indicadores ambientais e são apresentados alguns conceitos de indicadores. Nesse capítulo, também descreve-se os principais modelos de indicadores utilizados e alguns exemplos de como os indicadores são aplicados no monitoramento das condições ambientais.

No terceiro capítulo, têm-se exemplos da seleção de conjuntos de indicadores ambientais por organizações nacionais e internacionais. Percebe-se a dificuldade em trabalhar com um grande número de indicadores ambientais para mensurar o comprometimento ambiental.

O quarto capítulo apresenta a metodologia utilizada no presente estudo.

O capítulo cinco é dedicado à apresentação da área em estudo, à seleção de indicadores para a região e à proposta desenvolvida pelo autor, de determinação de um índice de qualidade ambiental para o monitoramento do reservatório, construído com base no conjunto de indicadores ambientais selecionados no presente estudo.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUESTÕES AMBIENTAIS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

Com a incessante busca do ser humano por um crescimento científico e tecnológico cada vez mais desenvolvido, as áreas urbanas estão cada vez mais povoadas e o crescimento das cidades é inevitável. As cidades crescem, e a cada ano que passa, vão ocupando as áreas que as circundam. Os seres humanos ainda não conseguiram estabelecer uma relação saudável com o meio ambiente, pois este continua a ser visto apenas como fonte natural de recursos a ser explorada, seja através de desmatamentos, mudanças de cursos de rios ou transformações de regiões conforme as necessidades.

O atual modelo de desenvolvimento, fundamentado na geração de renda por meio da exploração dos recursos naturais, é questionável e o desenvolvimento sustentável é reconhecido como o modelo para o desenvolvimento que a sociedade deve adotar. “O crescimento do movimento ecológico no mundo, principalmente na Europa também reuniu muitos elementos de crítica ao modelo de desenvolvimento vigente de bases industriais. Todo esse conjunto de fatos, trouxe uma nova consciência acerca da relação da sociedade com o ambiente” (RIBEIRO, 2000b).

Desenvolvimento sustentável, segundo definição dada no Relatório da Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento “é aquele desenvolvimento que atende às demandas da geração presente sem comprometer as oportunidades atuais e futuras” (UNITED NATIONS, 1987).

A aparente simplicidade desta definição envolve reflexões devido a inter-relações atreladas ao desenvolvimento, demandas e oportunidades atuais e futuras, bem como todos os aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais no momento presente e também no futuro, tanto no âmbito global como nos regionais e locais. (MALHEIRO e ASSUNÇÃO, 2000).

Para Molina e Flores (2004), o desenvolvimento sustentável implica em não comprometer o substrato biofísico que nos é possível, de tal forma que se transmita às gerações futuras um acervo de capital (ecológico, econômico, humano, etc.) igual ou superior ao que está disponível à população atual.

Na conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, no Brasil, e que ficou conhecida como Rio-92, o desenvolvimento sustentável foi a tônica das discussões e se confirmou como fator primordial para atingir um nível de excelência na relação homem e meio ambiente. Propostas de ações que quantifiquem, avaliem e monitorem as condições ambientais das regiões foram definidas nesse encontro, resultando na Agenda 21, que, segundo o Ministério do Meio Ambiente, “é um plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente” (MMA, 2006).

O desdobramento dessas preocupações ambientais culminou no equacionamento da dimensão ambiental em três grandes fases que Barreto (2001) esclarece serem:

A primeira até os anos 60, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a preocupação ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente aqueles relacionados mais estritamente à saúde humana, como o controle da água potável, a preocupação por algumas espécies da flora e fauna e pelas condições no ambiente; a segunda, dos anos 70 a 80, inicia-se com o enfrentamento de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão holística do meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 90, que posiciona o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar desenvolvimento econômico e social com a preservação do ecossistema planetário (BARRETO, 2001).

O desenvolvimento sustentável almejado pela sociedade deve buscar o equilíbrio entre crescimento econômico, equidade social e preservação ambiental controlando, dessa forma, os problemas gerados por consumismo perdulário e pela exploração predatória dos recursos naturais. Deve, ainda, promover mudanças culturais de comportamento, inovações tecnológicas e uma poderosa rede de cumplicidade que se irradie nos planos global, nacional e local (AGENDA 21 BRASILEIRA, 2002).

É importante que os homens conheçam as exigências desta nova sociedade, para atuar de maneira eficiente nesta realidade. Conforme Capra (2004):

A compreensão de que todos nós compartilhamos esta Terra será a fonte de um novo código ético. A imagem de uma futura Terra sustentável tem sido pintada com grandes pincéis. O desafio das décadas vindouras é aprimorar com detalhes, através do trabalho das corporações, dos governos, das organizações ambientais, dos partidos políticos e dos cidadãos. Nós acreditamos que o ideal da sustentabilidade é uma preciosa meta, incitante para os seres humanos, cansados de uma época esbanjadora e destrutiva. Promete um sentido de segurança e oportunidades para esforços de colaboração internacional, que têm estado ausentes da Terra nas décadas recentes (CAPRA, 2004).

E ainda segundo Capra (1996), o grande desafio do nosso tempo é “criar comunidades sustentáveis, isto é, ambientes sociais e culturais onde possamos satisfazer as nossas necessidades e aspirações sem diminuir as chances das gerações futuras”. Ele sugere, portanto, que a visão de mundo cartesiana e os princípios da física newtoniana, que seriam o paradigma mecanicista e que hoje servem de base para muitos, na leitura de mundo, sejam superados.

Para Capra (1996), o paradigma atual está numa visão holística, que concebe o mundo como um todo integrado e não como uma coleção de partes dissociadas.

Nesta nova visão, que ele denomina de Ecologia Profunda, o mundo não é uma coleção de objetos isolados, mas uma rede de fenômenos que estão fundamentalmente interconectados e são interdependentes.

Dessa forma os indicadores constituem um componente de avaliação ambiental importante, capazes de quantificar alterações na qualidade do meio ambiente e quantidade de recursos naturais, bem como avaliar os esforços desenvolvidos visando a melhoria do meio ambiente ou a mitigação de sua degradação.

2.2 CONCEITO DE INDICADORES

Um indicador, segundo a Agência Européia de Meio Ambiente (AEMA), é um valor representativo de um fenômeno, que quantifica a informação mediante a agregação de diferentes dados, dando lugar a informação sintetizada. Os indicadores simplificam a informação ajudando a descrever e valorar fenômenos mais complexos (VIEIRAS, et al., 2005).

Em uma outra definição, Furtado (2001), diz que indicador é um elemento informativo, composto de termo ou expressão, que possa ser medido, a fim de caracterizar ou expressar efeitos e tendências interativas, benéficas ou maléficas, de natureza ambiental, econômica e social.

Ou ainda, “os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, como, por exemplo, o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável” (HAMMOND, et al.,1995).

Os indicadores de sustentabilidade constituem um sistema de sinais que permitem aos países avaliar seu progresso em gestão ambiental a respeito de desenvolvimento sustentável. Os indicadores ambientais, assim como os econômicos e sociais, permitem que se compare uma base comum de informação selecionada e processada, o que facilita a objetividade nos processos de decisão, assim como seu ordenamento, geração e enriquecimento mediante o fortalecimento da participação dos cidadãos (QUIROGA, 2005).

Para se chegar a um indicador que seja capaz de mensurar processos não-sustentáveis de desenvolvimento é necessário estabelecer um conjunto de critérios objetivos e verificáveis, como, por exemplo: ser significativo para a avaliação do sistema; ter validade, objetividade e consistência; ter coerência e ser sensível a mudanças no tempo e no sistema; ser de fácil mensuração, baseado em informações facilmente disponíveis e de baixo custo; permitir a relação com outros indicadores (DEPONTI et al, 2002).

Merico (1997), destaca que os indicadores ambientais são usados para se ter um retrato da qualidade ambiental e dos recursos naturais, além de avaliar as condições e as tendências ambientais. Devem ter capacidade de síntese, fundamentados em informações confiáveis e comparáveis, ainda, relacionar problemas com as políticas ambientais a serem definidas e, por último, necessitam ser facilmente compreensível e acessível à população.

A escolha dos indicadores ambientais é fator preponderante para sua posterior aplicação. As propriedades que devem caracterizar os indicadores, segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), são:

- Relevância – deve ser representativo, de fácil compreensão e comparável;
- Consistência – deve ser bem apoiado em termos técnicos e científicos e de consenso internacional;
- Mensurabilidade – deve ser facilmente mensurável e passível de monitoramento regular a um custo não excessivo (OCDE, 1993).

A necessidade de criação e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade fica confirmada no *workshop* denominado “*Indicators for Sustainable Development for Decision Making*” (GHENT, 9-11 de janeiro de 1995), citado por Bellen (2005):

A utilidade dos indicadores de sustentabilidade, como mencionado na Agenda 21, foi confirmada pelo *workshop*. Os usos potenciais desses sistemas incluem o alerta aos tomadores de decisão para as questões prioritárias, orientação na formulação de políticas, simplificação e melhora na comunicação e promoção do entendimento sobre tendências-chave fornecendo a visão necessária para as iniciativas de ação nacional.

A utilização dos Indicadores Ambientais torna-se importante para os decisores na medida em que as atitudes do ser humano refletem no meio ambiente formando cadeias de ação-resposta permitindo uma verificação dos impactos causados. Segundo Cunha (2005), “constata-se a existência de um ciclo, começando com uma pressão humana sobre o meio ambiente, afetando de forma diferente os diversos segmentos sociais e, termina, com uma resposta da sociedade”.

Ainda não se tem um modelo ideal que possibilite mensurar os impactos ambientais. Existem, porém, opções disponíveis para seleção e desenvolvimento de indicadores, como os modelos: Esquema para o Desenvolvimento de Estatísticas Ambientais (EDEA) e o Pressão-Estado-Resposta (PER), apresentados a seguir. Os mais usados são os modelos para a tomada de decisão ou elaboração de

estratégias que definem a relação entre a informação ambiental e os valores sociais e/ou objetivos e metas políticas; e modelos dos processos ambientais e das interações sociedade/meio ambiente que tratam de classificar os problemas ambientais em termos de causa/efeito (OCDE, 1993).

Apesar dos avanços obtidos por alguns países, ainda existem obstáculos a serem vencidos de forma mais harmônica e produtiva. Nesse sentido, desenvolver estudos sobre os indicadores se faz necessário diante a urgente necessidade de fortalecer a capacidade dos países para produzir estatísticas sociais e ambientais confiáveis, que permitam uma melhor formulação e monitoramento das políticas de desenvolvimento (QUIROGA, 2005).

2.3 PRINCIPAIS MODELOS DE INDICADORES UTILIZADOS NAS ANÁLISES AMBIENTAIS

A busca pela sustentabilidade passa, necessariamente, pela sistematização das estatísticas ambientais, e a integração com sistemas de indicadores já existentes. O desenvolvimento sustentável é um processo evolutivo que se traduz na combinação do crescimento da economia, melhoria da qualidade do ambiente e melhoria da sociedade. Dessa forma torna-se fundamental estabelecer indicadores que possam dar a medida do desempenho de um país visando à sustentabilidade.

Os indicadores de sustentabilidade são parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo úteis para refletir sobre determinadas condições dos sistemas em análise. Levando-se em conta o conteúdo,

amplitude e natureza do sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável proposto, consideram-se quatro categorias: Indicadores ambientais, Indicadores econômicos, Indicadores sociais e Indicadores institucionais (MAIADIGITAL, 2007).

Segundo a OCDE (1993), indicadores ambientais são parâmetros, ou valores derivados de parâmetros, que descrevem ou dão informação acerca de um determinado fenômeno. Um indicador deve ter uma significância superior à diretamente associada ao valor do parâmetro, ter um significado sintético e ser desenvolvido para um objetivo específico. Junto aos indicadores, surgem os índices, que são valores agregados aos indicadores após tratamento estatístico dos dados originais dos indicadores.

2.3.1 O PRIMEIRO ÍNDICE DE QUALIDADE APRESENTADO

Segundo Grover (2001), em 1969, nos E.U.A., foi publicado pela primeira vez o Índice de Qualidade Ambiental (EQ), pela Federação Nacional da Vida Selvagem, em um esforço para apresentar uma revisão geral de toda a informação publicada sobre fatores que influenciavam a qualidade do meio ambiente.

Não sendo possível desenvolver, de início, um índice ambiental mais abrangente e rigoroso, a opção foi por um julgamento mais subjetivo, baseado no sentimento sobre o “estado do meio ambiente”. Sete recursos diferentes foram levados em conta para o cálculo do índice no final da década de sessenta e início da década de setenta.

Um exemplo, apresentado por Grover (2001), de como o Índice de Qualidade Ambiental (EQ) era calculado naquela época, é apresentado nas tabelas 1, 2 e 3. As tabelas 1 e 2 listam os recursos naturais e suas respectivas pontuações e importância.

TABELA 1 – CATEGORIAS AMBIENTAIS E CLASSIFICAÇÃO EM 1970.

CATEGORIA	PONTUAÇÃO
Solo	77
Ar	32
Água	42
Habitat	58
Minerais	48
Fauna Silvestre	51
Flora	76

Fonte: Federação Nacional da Vida Selvagem, E.U.A. 1970.

A importância relativa (tabela 2) foi selecionada por um grupo de cientistas ambientais e estatísticos. Em virtude da falta de medidas objetivas, um julgamento subjetivo, baseado no sentimento interior sobre o "estado do meio ambiente", foi empregado.

TABELA 2 – CATEGORIAS AMBIENTAIS E IMPORTÂNCIA RELATIVA.

CATEGORIA	IMPORTÂNCIA RELATIVA
Solo	31
Ar	20
Água	20
Habitat	12
Minerais	7
Fauna Silvestre	5
Flora	5
TOTAL	100

Fonte: Federação Nacional da Vida Selvagem, E.U.A. 1970.

O índice é obtido pela soma dos produtos envolvendo a pontuação pela importância relativa de cada uma das categorias e então é dividido por cem, conforme demonstrado da tabela 3.

Um índice EQ nacional de 55,34 pontos demonstra que a situação não é das melhores, pois quanto maior a pontuação melhor é o estado do meio ambiente, supondo que valor máximo chegue a 100 pontos.

TABELA 3 – DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE NACIONAL (EQ).

CATEGORIAS	PONTUAÇÃO	IMPORTÂNCIA RELATIVA	PONTUAÇÃO E.Q.
Solo	77	31	23,87
Ar	32	20	6,4
Água	42	20	8,4
Habitat	58	12	6,96
Minerais	48	7	3,36
Fauna Silvestre	51	5	2,55
Flora	76	5	3,8
ÍNDICE E.Q. NACIONAL			55,34

Fonte: Federação Nacional da Vida Selvagem, E.U.A. 1970.

Comprova-se, observando a tabela 3, que o índice de Qualidade Ambiental (EQ) é um número obtido de forma muito simples; com sua variação indicando em qual extensão a qualidade ambiental geral apresenta melhora ou, ao contrário, deterioração.

Metodologias mais sofisticadas, para se calcular indicadores, foram desenvolvidas. Uma delas, desenvolvida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), é a classificação adotada em diversos estudos ambientais integrados, o modelo P.E.R., onde os indicadores podem ser sistematizados em Pressão – Estado – Resposta, este modelo é abordado em detalhes no item 2.3.3.

2.3.2 O MODELO EDEA

Precursor dos modelos de estatísticas ambientais, o Escritório de Estatísticas das Nações Unidas (EENU) desenvolveu o seu *Framework for the development of Environmental Statistics* – Esquema para o Desenvolvimento de Estatísticas Ambientais (EDEA). O objetivo desse documento era mapear necessidades e estabelecer deficiências, reflexo das preocupações dos países interessados em obter estatísticas ambientais (CUNHA, 2005).

O modelo EDEA utiliza a abordagem conhecida como pressão-resposta (PR). Nessa abordagem, os impactos sobre o meio ambiente são decorrentes de pressões resultantes de atividades humanas e, eventualmente, da própria natureza. Elas causam degradação ambiental produzindo danos e o esgotamento dos recursos naturais. Com isso, há uma reação da sociedade sobre os efeitos que a incomodam reagindo com maior ou menor grau de intensidade para se resguardar dos efeitos ambientais decorrentes das atividades antrópicas. O EDEA organiza as informações sobre as atividades que causam pressão sobre o meio ambiente, dos impactos dessas pressões e da reação da sociedade a elas. Essas informações agrupam-se nas seguintes categorias (MUELLER, 1992):

- Atividades sócio-econômicas e eventos naturais que originam pressão ambiental;
- Impactos ambientais dessas atividades e eventos;
- Resposta da sociedade (governo, organizações não governamentais, empresas, sindicatos e indivíduos) a esses impactos;

- Categoria de referência e auxiliar (estoques, inventários e informações que estabelecem o pano de fundo da situação).

O modelo EDEA objetivou apresentar tópicos relacionados às preocupações ambientais que possam ser descritos e analisados estatisticamente, sem com isso ter necessidade de especificar parâmetros estatísticos e indicadores concretos. Não sugere classificações, tabulações nem métodos de coleta de dados, dando, dessa forma, apenas os primeiros passos para a estruturação de um sistema de estatísticas ambientais (MUELLER, 1992).

2.3.3 O MODELO PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA

Um modelo de estrutura conceitual aceita em nível mundial e desenvolvida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE,1993), é o modelo “*P.S.R. – Pressure, State, Response*”, ou “pressão-estado-resposta” (PER). É um modelo que se destaca pela sua simplicidade, facilidade na utilização e por permitir sua aplicação em diferentes níveis, escalas e atividades humanas.

O modelo PER é um marco de organização de informações simples, que em nível macro é utilizado como formato para estruturar os indicadores. Trata-se de elaborar uma progressão das causas das ações humanas, que ocasionam uma pressão sobre o meio ambiente e os recursos naturais, que levam a uma mudança no estado do meio ambiente, à qual a sociedade responde com medidas ou ações para reduzir ou prevenir o impacto. Essas respostas podem repercutir sobre as pressões das atividades humanas sobre o meio ambiente (CUNHA, 2005).

Os indicadores de Pressão são indicadores das causas dos problemas ambientais. Incluem as atividades humanas como elemento de pressão no meio ambiente, resultando em alterações na qualidade do meio ambiente e na qualidade e quantidade de recursos naturais (ALMEIDA e BRITO, 2002). Pode-se citar como exemplos: aumento populacional, políticas setoriais, mudanças tecnológicas, a agricultura, a indústria, bem como eventos naturais como inundações, erupções, etc.

Os indicadores de Estado refletem as condições do meio ambiente. Eles estão relacionados com a qualidade do meio ambiente e os problemas ambientais decorrentes dos impactos da ação humana. Apresentam e caracterizam a qualidade do meio ambiente e a quantidade dos recursos naturais permitindo obter uma visão global e imediata do seu estado (ALMEIDA e BRITO, 2002).

Indicadores de Resposta, permitem avaliar as respostas da sociedade às alterações e preocupações ambientais, assim como à adesão a programas e/ou à implementação de medidas em prol do ambiente (PEIXEIRO e BATISTA, 2001) .

Tais esforços podem ser: direcionar pesquisa, a regulamentação, a normatização, a legislação, as licenças, os instrumentos financeiros e outros instrumentos de política ambiental, dessa forma, gerando respostas a ações sobre o meio ambiente. As ações têm o potencial de alterar as pressões das atividades humanas (Figura 1).

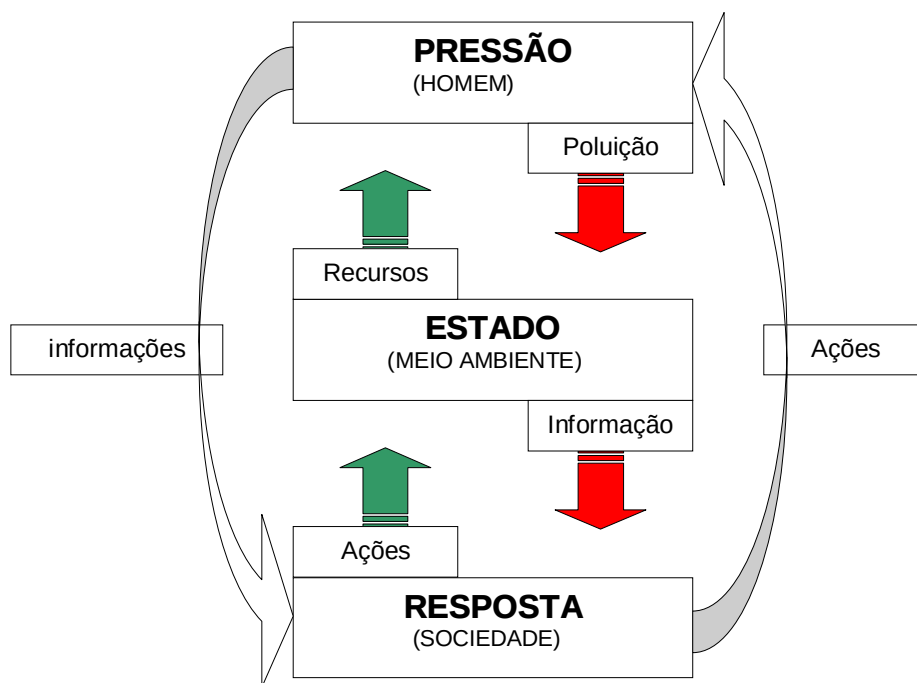


FIGURA 1 – Modelo P–E–R.
Fonte: CUNHA (2005).

Mueller (1997) considera que apesar de ser o mais utilizado como base para uma estrutura de indicadores, o modelo PER oferece indicações muito gerais de como evoluir para a construção de um sistema de indicadores ambientais. Não é suficiente apenas estabelecer uma ampla relação de dados e informações a respeito dos três aspectos do ciclo ambiental, é necessário definir objetivos e estabelecer prioridades globais ou regionais da sociedade. Estes devem ser relacionados com a preservação ambiental e com a sustentabilidade do desenvolvimento e só depois fazer a seleção dos indicadores de pressão, estado e resposta apropriados. Um modelo PER bem elaborado tem implícito um modelo de funcionamento da economia e da sociedade.

2.3.4 MODELOS AMPLIADOS

Como o modelo PER dá ênfase aos aspectos ambientais, e menor importância para os processos sociais, que estão nos extremos da pressão de um lado, e da reação da sociedade do outro, se faz necessário um modelo ampliado. As ampliações do modelo PER que englobem os processos sociais e que, com isso, possam melhorar seus grupos de indicadores, são definidas como Força Motriz – Estado – Resposta (FER) e Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta (FPEIR), (CUNHA, 2005).

No modelo FER (figura 2) tem-se a inclusão de indicadores de força motriz no lugar dos indicadores de pressão, presentes no modelo PER (figura 1). O termo força motriz indica impactos sobre o desenvolvimento sustentável. Indicadores de força motriz representam atividades humanas, processos e modelos que tem um impacto sobre a sustentabilidade. A introdução de forças motrizes no modelo FER foi necessária quando da mudança de referência de indicadores ambientais para indicadores que incluíssem o estado do subsistema humano (RIGBY et al, 2000).

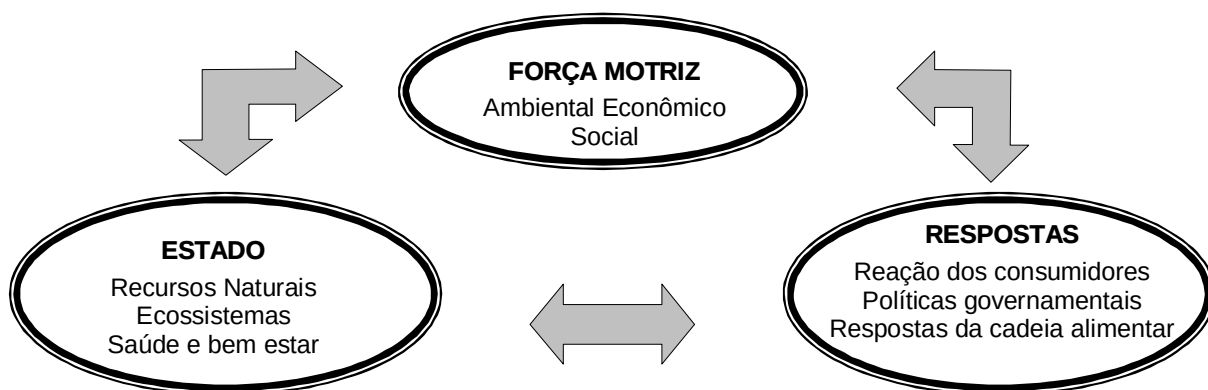


FIGURA 2 – O Modelo F–E–R.
Fonte: CUNHA, 2005.

Na estrutura FPEIR (figura 3), o princípio subjacente desta metodologia é que toda atividade envolve fluxo de energia e matéria dentro do sistema, cujo efeito é o de produzir depleção dos recursos naturais. Enquanto os componentes de pressão, estado e impacto refletem a parte física da estrutura, os de força motriz e o de respostas estão ligados mais a atividades humanas. Isso porque estão relacionados com as decisões tomadas sobre como realizar um processo produtivo e pelas reações dos consumidores, produtores e outros atores do setor agrícola, tendo em vista as políticas públicas, os instrumentos financeiros e as respostas do mercado (CUNHA, 2005).

Segundo Cunha (2005), os cinco grupos de indicadores do modelo FPEIR são:

1) Os indicadores de força motriz construídos tendo em vista fatores que influenciam uma série de variáveis pertinentes, por exemplo: número de carros por habitantes;

2) Indicadores de pressão sobre o meio ambiente, estes serão compostos de variáveis que refletem os fatores que diretamente causam problemas ambientais, por exemplo: emissões tóxicas;

3) Os indicadores de estado, que são variáveis de estoque, mostram a qualidade, a atual condição do meio ambiente, por exemplo: a temperatura global;

4) Os indicadores de impacto são, via de regra, variáveis de fluxo, representam os efeitos sobre as atividades humanas, sobre o meio ambiente e vice-versa, por exemplo: área de solo compactada por ano;

5) Os indicadores de resposta da sociedade, também são variáveis de fluxo, aqueles que decorrem da tentativa da sociedade de resolver os problemas. Descrevem os progressos rumo à sustentabilidade, por exemplo: a porcentagem de carros com conversor catalítico.

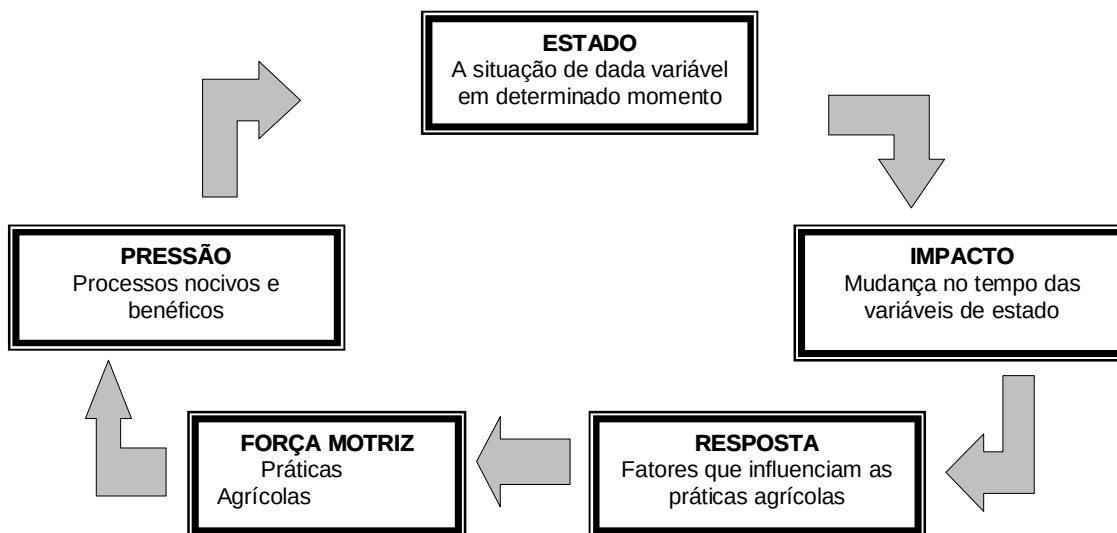


FIGURA 3 – Modelo F-P-E-I -R.

Fonte: CUNHA, 2005.

2.4 EXEMPLOS DE MODELOS APLICADOS

2.4.1 EXEMPLO APLICADO A UMA MINERADORA

A exploração mineral é considerada uma das principais fontes poluidoras e de degradação ambiental (GANDRA et al., 2005). A sua importância como fonte de empregos e de desenvolvimento econômico não é o suficiente para a sociedade que, cada vez mais intensamente, cobra das organizações respostas às legislações

e soluções aos danos ambientais. A necessidade de encontrar uma forma de medir internamente quais seriam os indicadores de desempenho capazes de direcionar os caminhos da gestão ambiental levou os engenheiros João Jorge Gandra, Raul Zanoni Lopes Cançado, Wanderlei Ramalho e o geólogo Ricardo Lofano Fráguas a propor esse modelo de implantação de indicadores de desempenho ambiental que será apresentado a seguir.

Definiu-se um índice IDA – Índice de Desempenho Ambiental – que traduzisse os resultados ambientais considerando a sustentabilidade do negócio. Os critérios de avaliação do IDA estão apresentados na tabela 4 .

TABELA 4 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO IDA.

Pontuação	Conceito	Descrição
0 – 30%	I	Desempenho ambiental insuficiente com sérios riscos de autuação pelos órgãos fiscalizadores.
31 – 51%	II	Desempenho ambiental insuficiente e ainda está exposta a riscos de autuação.
52 – 70%	III	Desempenho ambiental aceitável, porém com sistematização insuficiente e ainda exposta a riscos.
71 – 90%	IV	Desempenho ambiental que atende padrões para a maioria dos indicadores de monitoramento e baixo risco de autuações
91 – 100%	V	Desempenho ambiental que atende padrões das melhores empresas no mercado.

Fonte: Gandra et al, (2005).

Em termos de aspectos ambientais corretivos, foram definidos os seguintes parâmetros ambientais de resultados, bem como a forma de cálculo dos fatores:

1) Taxa de geração de *resíduos sólidos* é obtida pela razão entre a quantidade de resíduos gerados no período (kg ou t) e a quantidade de produto fabricado no período (kg ou t);

2) O acompanhamento do indicador *efluentes líquidos*, permite avaliar a qualidade do efluente, e o atendimento aos parâmetros legais municipais, estaduais ou federais que a unidade produtiva deve cumprir. Considera o número de ocorrências do não atendimento aos padrões legais pertinentes a cada unidade produtiva, podendo ser municipal, estadual ou federal;

3) Taxa de emissão de *material particulado*, em $\text{kg.ton}^{-1}.\text{h}^{-1}$ produzida é calculada pela razão entre o resultado da emissão de material particulado em kg.h^{-1} e a quantidade do produto fabricado no período em ton.h^{-1}

4) O acompanhamento do indicador *ruído* permite monitorar o nível de ruído nas áreas externas e internas da unidade produtiva, mensalmente avaliando a efetividade das medidas adotadas, para manter o nível de ruído dentro dos padrões estabelecidos na NBR 10151;

5) O acompanhamento do indicador *Autos de Infração* permite avaliar a situação de não atendimento a requisitos legais juntos aos órgãos ambientais, com base nas autuações realizadas, e os potenciais passivos financeiros decorrentes das mesmas. Portanto, N representa o número de Autos de Infração à legislação ambiental lavrados pelos órgãos competentes federais, estaduais ou municipais no período considerado;

Em termos de aspectos ambientais preventivos e de redução foram definidos os seguintes parâmetros ambientais de sustentabilidade:

6) O *consumo de água* dividido pela tonelada do produto, fornece uma medida do consumo total de água (industrial e potável), em metros cúbicos, em relação ao volume de produção, em tonelada;

7) O consumo de *energia total* (Térmica+elétrica) dividido pela tonelada do produto, resulta na taxa de consumo de energia;

8) A redução e *resíduo sólido* (RRS) é resultado da razão entre a taxa atual de geração de resíduos x 100 pela taxa de geração de resíduos do ano anterior (média);

9) Redução de *efluente líquido* (REL): é a razão entre a emissão atual de efluentes líquidos descartados (m³) e a emissão de efluentes líquidos descartados no período anterior (m³);

10) Redução de *emissões atmosféricas* (REA): é a razão entre a taxa atual de emissão de material particulado em Kg.h⁻¹ x 100 e a taxa de emissão de material particulado em Kg.h⁻¹ (média);

11) Redução do *consumo de produtos químicos*, avalia o consumo específico de produto químico na unidade produtiva: é a razão entre o consumo de produto (t) e a produção (t);

12) Redução do consumo de *produtos combustíveis não renováveis*: é a razão entre o consumo de combustíveis não renováveis (t) e a produção (t);

13) Incidentes/ocorrências ambientais.

13.1) Percentagens de investimentos ambientais, basta dividir o valor total (R\$) em meio ambiente x 100 pelo valor total (R\$) na unidade;

13.2) Treinamentos Ambientais realizados, é calculado dividindo o número de treinamentos realizados pelo número de treinamentos planejados x porcentagem de treinamentos eficazes;

13.3) Taxa de Implementação é a razão entre ações realizadas e as ações previstas x 100;

13.4) O acompanhamento do indicador Ocorrências Ambientais determina o “Nível de Falha do Sistema de Gestão Ambiental” através do número de ocorrências ambientais levando em consideração os riscos identificados e a mitigação dos mesmos.

$$NFS = \left\{ \frac{\left[\frac{(AB \text{ I} \times 1 + AB \text{ II} \times 50 + AB \text{ III} \times 500)}{OR} \right]}{\left(\frac{RAI}{RR} \right)} \right\}$$

Onde:

NFS = Nível de falha do sistema;

AB I = número de Ocorrências Ambientais B-I;

AB II = número de Ocorrências Ambientais B-II;

AB III = número de Ocorrências Ambientais B-III;

OR = número total de Ocorrências Registradas;

RAI = número total de Riscos Ambientais identificados;

RR = média do risco residual.

O Índice de Desempenho Ambiental (IDA) indica a efetividade global do sistema de gerenciamento ambiental, através da composição do impacto cumulativo dos fatores: resultados e sustentabilidade. Assim, ficou definido que a fórmula de avaliação do desempenho ambiental seria:

$$\text{IDA} = 40\% \text{ Resultados} + 60\% \text{ Sustentabilidade}$$

Tanto para os Resultados como para Sustentabilidade considera-se a composição cumulativa dos fatores apresentados acima.

2.4.2 EXEMPLO APLICADO A UM CAMPO DE GOLFE

No trabalho apresentado por Thien et al.,(2001) tem-se um exemplo da utilização de indicadores ambientais na avaliação do impacto causado pela construção de um campo de golfe, descrito a seguir.

Antes da construção, pesquisadores coletaram dados referentes aos indicadores ambientais selecionados para descrever as condições originais do ecossistema da região. Em seguida, a medida dos mesmos indicadores progrediu através da construção e com o uso do campo de golfe.

Uma equipe multidisciplinar desenvolveu um índice múltiplo para calibrar a qualidade do meio ambiente do campo de golfe. Identificado como *Colbert-Thien Environmental and Evaluation Management system* (CTEEM) é um método ambiental versátil, informativo, simplificado e científico que identifica processos de remediação e uma fonte de estratégias da gerência, para aplicar-se visando minimizar impactos ambientais.

Caracterizar um ecossistema requer muitos dados e interpretações. Com os recursos tecnológicos disponíveis é possível medir um grande número de índices, entretanto, isso pode gerar dúvidas a quem não está envolvido com a análise. Em contra-partida, reduzir muitos índices a um único índice tem a desvantagem teórica e limites práticos associados com a simplificação demasiada das interpretações (THIEN et al, 2001).

Thien et al., (2001), afirmam que o sistema de CTEEM supera ambas estas limitações, com índices múltiplos, que caracterizam uma região, transformam em uma medida visual facilmente compreendida da qualidade ambiental. Unindo a identificação de processos degradados e de linha de direção da remediação, o sistema de CTEEM é um pacote ambiental completo para a avaliação e gerência.

Qualidade ambiental, em sua forma mais simples, é uma avaliação das funções essenciais do ecossistema (THIEN et al, 2001). O sistema CTEEM combina tecnologias existentes para identificar, monitorar, avaliar, ilustrar, e oferecer estratégias de administração para qualquer número de indicadores de qualidade ambiental em um formato de fácil compreensão. Primeiro, as funções essenciais e indicadores mensuráveis são identificados e monitorados. Os dados dos indicadores são representados graficamente nas cartas de controle onde se encontram as escalas sustentáveis. Em seguida, os índices da carta de controle são agrupados e representados em um gráfico de radar, onde os indicadores ambientais fora dos limites são detectados facilmente. Finalmente, decisores podem identificar opções para remediar os indicadores degradados.

Os passos necessários para executar o sistema de CTEEM:

- 1º) Identificar funções críticas do ecossistema;
- 2º) Selecionar indicadores apropriados para avaliar estas funções;

3º) Verificar o estado do indicador de medida;

4º) Estabelecer índices da carta de controle.

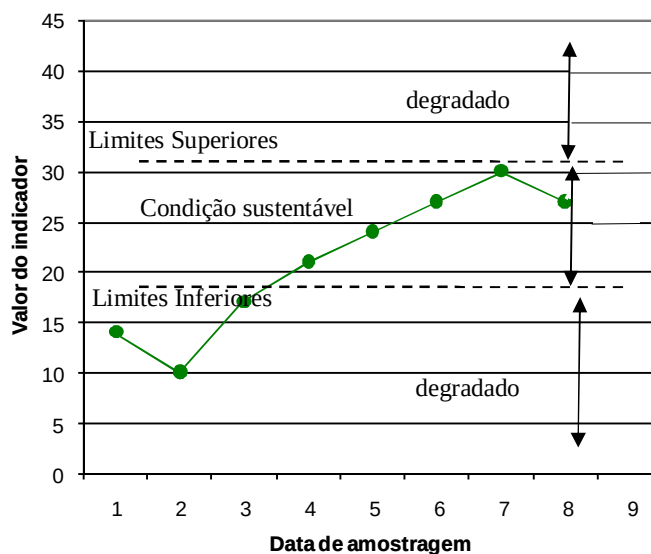


FIGURA 4 – Valor dos índices da carta de controle.
 FONTE: THIEN et al, 2001.

Nas cartas de controle (Figura 4), os valores resultados da medição das funções ecologicamente críticas são traçados em uma linha de tempo para que a avaliação da qualidade ambiental possa ser analisada. São sobrepostos na carta de controle os limites de controle superiores (UCL) e os inferiores (LCL) baseados em tolerâncias combinadas ou desejadas da degradação. Os valores entre o UCL e o LCL representariam, então, uma condição sustentável. Os indicadores que caem fora da região sustentável sinalizam uma necessidade de remediação. Cada indicador usado avaliando um ecossistema é modelado em uma carta do controle.

5º) Transformar índices múltiplos em gráficos ambientais de avaliação de qualidade (figura 5).

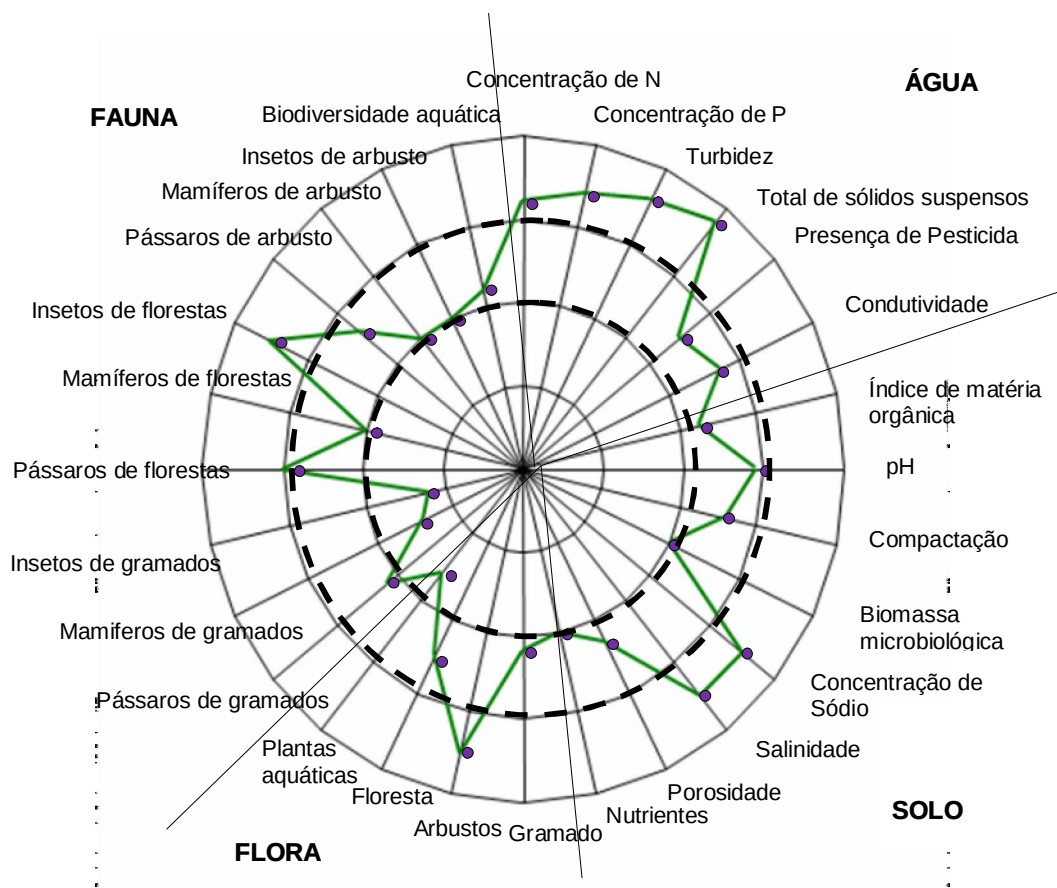


FIGURA 5 – Gráfico de avaliação de qualidade ambiental.

Fonte: THIEN et al, 2001.

Um gráfico radar de avaliação da qualidade ambiental ilustra como os índices múltiplos se apresentam em relação aos limites da escala sustentável desse indicador (figura 5). Índices (pontos) que ficam dentro do objetivo (zona entre as linhas tracejadas) apresentam os indicadores de ecossistemas que operam em um modo sustentável. Os índices que se encontram fora do objetivo, muito alto ou muito baixo, representam degradação. Um ecossistema de alta qualidade mostraria um círculo quase perfeito no radar (área interna da linha poligonal esboçada pelos pontos) dentro da escala sustentável. Funções degradadas ficam fora da escala sustentável e deformam o círculo no radar. Os arcos exteriores agrupam indicadores em áreas da gerência (solo, água, fauna, e flora).

6º) Gerência corretiva apropriada para a seleção de indicadores degradados.

7º) Monitoração contínua dos indicadores.

Estes sete passos do sistema CTEEM apresentam um esquema conceitual para implementação de uma avaliação de qualidade ambiental e programa de gestão. Os princípios são aplicáveis a uma gama de ecossistemas em praticamente qualquer escala. A utilidade máxima do Sistema de CTEEM virá com o desenvolvimento da capacidade dos computadores de processar informações de entrada e saída. Acredita-se que o processo tem aplicação estendida e pode ter um impacto significativo na avaliação ambiental global, da administração, e nas atualizações das informações (THIEN et al, 2001).

2.4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Simcox e Whittemore (2004), índices ambientais são ferramentas cujo uso para tomada de decisões vem crescendo. Enquanto um indicador da qualidade da água ou um bioindicador é uma variável biológica que é usada para medir algum atributo ambiental (por exemplo: água potável), o termo indicador ambiental é uma característica mensurável do ambiente que prevê uma indicação de condição ou de vulnerabilidade.

A forma do índice ambiental descrita pelos autores, foi selecionada por ter dois atributos atraentes: a) é uma medida estatística com valores que variam entre 0

e 1, e b) tem um alto grau descritivo. O índice permite diferenciar partes componentes de uma bacia, suas sub-bacias, em termos de duas características: paisagens naturais e pressão antropogênica (sub-índices). Juntas, estas características determinam a quantidade e qualidade de água escoadas de cada sub-bacia durante a maior parte do ano, e, assim, a influência relativa de cada sub-bacia em quantidade global e qualidade de água escoada na bacia. Sub-bacias com grande influência sobre a bacia global têm valores de índices mais altos, indicando uma maior complexidade de paisagens naturais ou pressão antropogênica ou ambos, que sub-bacias com índices mais baixos. Este índice serve como um guia para determinar a influência do plano regional quando o objetivo for avaliar a qualidade da água global de uma bacia (SIMCOX e WHITTEMORE, 2004).

Cada sub-índice foi obtido combinando três medidas ambientais e ajustando o valor do sub-índice de forma a variar de 0 a 1. Embora um total de seis medidas tenha sido usado para desenvolvimento do índice neste estudo de caso, o método é flexível e pode ser modificado em número e tipo de medidas.

Um sub-índice de paisagem natural foi desenvolvido para indicar variabilidade relativa de características fisiográficas ao longo da bacia. A suposição principal usada no desenvolvimento deste sub-índice é que, na ausência de atividade antropogênica ou significativa modificação hidrológica, sub-bacias com paisagem características semelhantes se comportam de forma hidrológicamente semelhante e têm qualidade de água semelhante.

A simplificação dos dados, bem como o cálculo da porcentagem de área dentro de cada região, referente à paisagem e de altitudes foram feitos digitalmente usando um sistema de informações geográficas (SIG). A cobertura de terra foi dividida em duas categorias (floresta e aberto), e o declive topográfico foi dividido em

duas categorias (plano e íngreme). Esses dados compõem tabelas, chamadas de matriz declividades e matriz altitudes, esta última, exemplificada na tabela 5.

Uma medida normalizada de variabilidade (desvio-padrão), $s/s_{\text{máx}}$, foi escolhida pela simetria e melhor poder de discriminação que a variância. O cálculo da variação dos elementos da matriz foi ajustado de forma que 0 corresponde a sub-bacias com o menor grau e 1 corresponde à sub-bacia com o maior grau de variabilidade na paisagem natural. Para a matriz de declividade, supôs-se que a complexidade da paisagem aumenta com a proporção da área 'mais íngreme' para área 'mais plana'. Esta suposição é feita após selecionar a inclinação de forma que a proporção entre as áreas fosse menor do que um para cada sub-bacia.

Quando a divisão entre área plana e área íngreme é feita de forma apropriada, a medida de declive normalizada é igual a $(s - s_{\text{min}}) / (s_{\text{máx}} - s_{\text{min}})$, onde s = desvio-padrão de todos os dados da matriz de uma determinada sub-bacia, s_{min} = menor desvio, em relação à média, do conjunto de dados da sub-bacia, e $s_{\text{máx}}$ = maior desvio para o mesmo conjunto de dados.

Para a matriz de altitudes, supôs-se que a complexidade da paisagem aumenta quando as proporções da área dentro de cada quartil da altitude tendem a ser iguais. Para testar esta suposição, a medida de altitude normalizada para cada sub-bacia foi calculada usando o complemento da equação dada acima $(s_{\text{máx}} - s) / (s_{\text{máx}} - s_{\text{min}})$, assim, aqueles valores mais altos da medida representam um aumento, em lugar de uma diminuição, da complexidade da paisagem.

TABELA 5 – CLASSIFICAÇÃO DA ALTITUDE DE UMA SUB-BACIA.

Quartil de altitude	% Area
1	10
2	27
3	40
4	23

Fonte: Alison C. Simcox e Ray C. Whittemore, 2004).

Nota: $s=12.36$, e complemento de $(s_{\text{máx}} - s)/(s_{\text{máx}} - s_{\text{min}})=0.80$.

O sub-índice de paisagem também incluiu uma medida normalizada de tamanho da sub-bacia. Esta medida também foi ajustada de forma que caísse dentro de uma escala de 0 a 1. As três medidas normalizadas foram combinadas para dar uma indicação da complexidade relativa da paisagem natural de cada sub-bacia.

Três fatores de pressão foram desenvolvidos para avaliar a influência das atividades humanas dentro de uma bacia: pressão da população, pontual e não pontual. A pressão da população é definida como a relação entre a população humana de determinado local, e a vazão média anual nesse local, com unidade dada em números de pessoas por pé cúbico por segundo. A pressão pontual foi definida como a relação entre a descarga média anual das fontes industriais e municipais pontuais em uma sub-bacia, e a vazão média anual daquela sub-bacia. A pressão não-pontual foi definida simplesmente como a porcentagem de área de sub-bacias que tem uso agrícola, silvicultural, ou uso estabelecido da terra, usos estes que são geralmente associados com níveis significantes de poluição de fonte não-pontual.

Para produzir um índice ambiental global para cada sub-bacia da bacia do rio Contoocook, em New Hampshire, foram atribuídos pesos para cada sub-índice (paisagem e pressão) com base na importância relativa da qualidade da água em cada bacia. A sensibilidade dos resultados foi avaliada para vários pesos (igual,

dobro, ou pesos triplos). O valor do índice global é obtido atribuindo-se pesos às

sub-bacias de acordo com a expressão:
$$X = \frac{\sum \bar{x}_i \cdot w_i}{K}$$

Onde:

X = medida da qualidade da água da Bacia;

$\bar{x}_i$ = valor anual médio da qualidade da água da sub-bacia i ;

w_i = pesos dados a uma variável da qualidade da água em sub-bacia i ; e

$K = \sum w_i$ = soma dos N pesos das sub-bacias, o número total de sub-bacias.

Os índices ambientais desenvolvidos neste caso fornecem exemplos de ferramentas que podem ser usadas para reconhecer e reduzir a influência da região, para tomar decisões de projeto de amostragem, e para agregar dados da amostragem das medidas da qualidade da água da bacia.

A influência da região pode ser reduzida usando valores de índice como pesos e reposicionamento das estações e ajustando a frequência de amostragem por toda bacia. Quando aplicados aos dados químicos e físicos da amostragem das sub-bacias, estes pesos podem ser usados para produzir medidas da qualidade da água da bacia.

3 EXEMPLOS DE SELEÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS CONSTITUÍDOS EM ALGUMAS ORGANIZAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS

A preocupação mundial com as questões ambientais pode ser avaliada com a constatação do grande número de sistema de indicadores de sustentabilidade desenvolvidos. São vários os órgãos que buscam criar sistemas de informações cada vez mais preocupados com a qualidade, que servirão para orientar as ações humanas em prol do desenvolvimento sustentável.

O objetivo em apresentar conjuntos de indicadores ambientais constituídos em algumas instituições nacionais e internacionais é mostrar a diversificação de indicadores existente entre elas, e as possibilidades de arranjos para a análise e avaliação da degradação ambiental.

3.1 OS 12 INDICADORES - GALICIA INSUSTENTÁVEL

A Associação para a defesa ecológica de Galícia (ADEGA), no documento 12 Indicadores Ambientais - Galícia Insustentável (VIEIRAS et al, 2005), apresenta um grupo de 12 indicadores ambientais. O objetivo é chamar a atenção para a urgência em aplicar políticas públicas que possibilitem um avanço em direção à sustentabilidade bem como ressaltar a necessidade de criar um sistema complexo de indicadores, ferramenta fundamental para a tomada de decisões em benefício do meio ambiente.

Conforme apresentado pela ADEGA (VIEIRAS et al, 2005), os indicadores são:

1) Pegada ecológica – é um conceito que avalia o impacto sobre o planeta, ou seja, mostra que, apesar de uma pessoa ocupar uma região pequena precisa de uma área muito maior para sua subsistência, que a supra de água, madeira e alimento;

2) Índice sintético global de desenvolvimento sustentável – é calculado com base em 78 variáveis, concentrados em 14 indicadores, integra as quatro dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, econômica, social e institucional);

3) Emissão de gases de efeito estufa – um aumento que corresponde a mais do que o dobro do limite do aumento fixado no marco do protocolo de Quioto chama atenção, nesse indicador;

4) Consumo de energia – o setor doméstico e do transporte são os que mais consomem;

5) Tratamento de águas residuais – mede a porcentagem de habitantes com tratamento de águas residuais;

6) Geração de resíduos urbanos – representa a perda de materiais e de energia que não está sendo minimizada (sem reciclagem);

7) Geração de resíduos industriais – resíduos de construções e demolições; indústria madeireira e de papel; atividades mineradoras, entre outras;

8) Incêndios florestais – medido pela superfície média queimada;

9) Grau de naturalidade dos bosques – porcentagem de área arborizada (bosques seminaturais);

10) Superfície de agricultura ecológica – expressa pela superfície ou número de agricultores que a praticam;

11) Rede natural 2000 – percentagem do território destinado à reserva natural, parque natural, etc.;

12) Espécies ameaçadas – apresenta a percentagem de espécies ameaçadas;

3.2 INDICADORES AMBIENTAIS COMO SUPORTE AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – PORTUGAL

Os indicadores apresentados na tabela 6, selecionados por Almeida e Brito (2002), procuram satisfazer a necessidade de se encontrar um grupo de indicadores não muito grande, o que dificultaria a coleta e a sistematização da informação, com um número muito pequeno de indicadores, que causaria perdas de diversidade da informação. O modelo de referência foi o Pressão – Estado – Resposta e com 77 indicadores ambientais, sendo 21 de Pressão, 7 de Estado e 49 de Resposta.

O objetivo é caracterizar as pressões que se verificam sobre os recursos hídricos da região, antropogênicas de origem doméstica ou resultantes das atividades económicas; analisar o estado atual da região com base nas informações existentes e também disponibilizando informações para o futuro e não esquecendo de caracterizar quais ações estão sendo adotadas na região (ALMEIDA e BRITO, 2002).

TABELA 6–MODELO DE PRESSÃO, ESTADO, RESPOSTA DO PLANO DA ÁGUA DOS AÇORES.

Indicadores de Pressão	Indicadores de Estado	Indicadores de Resposta
Abastecimento de água		
. Exploração das Reservas . Captação de água por tipo de consumidor . Consumo total de água . Consumo de água doméstico por habitante . Consumo de água na indústria . Consumo de água na agro-pecuária por animal . Consumo de água na produção de energia hidroelétrica por kWh	. Qualidade da água de abastecimento para consumo humano	. Origens de água protegidas . Dimensão dos sistemas de abastecimento de água . Perdas nos sistemas de abastecimento . População com acesso regular a água através de ligação domiciliar . Água abastecida sujeita a tratamento adequado . Necessidades para agro-pecuária cobertas por rede de distribuição própria . Reutilização de águas residuais . Redução do consumo de água na Indústria
Qualidade da água		
. Densidade populacional . Produção de águas residuais . Número de Empresas de classe A . Produção de águas residuais industriais . Rebanho pecuário . Aplicação de estrume animal	. Qualidade das águas superficiais . Qualidade das águas subterrâneas . Qualidade trófica das lagoas . Zonas de balneários propícias para banho de mar	. População servida por sistemas de drenagem de águas residuais . População servida por sistemas de tratamento adequado de águas residuais . Tratamento de águas residuais industriais . Redução da aplicação de estrume animal
Recursos naturais		
. Linhas de água intervencionadas com alteração ao regime de vazões . Quota de Energia hidroelétrica	. Espécies de fauna e flora ameaçadas . Qualidade ecológica de ecótipos	. Espécies de fauna e flora protegidas . Áreas protegidas e classificadas . Áreas protegidas marinhas . Classificação de meios hídricos . Intervenções em conservação da rede hidrográfica . Linhas de água intervencionadas sujeitas a regime de ecológicos . Zonas sensíveis e vulneráveis definidas
Riscos naturais ou antropogênicos		
. Ocorrências de cheias, inundações, deslizamentos ou alagamentos . Recuo da linha de costa . Produção de resíduos urbanos . Produção de resíduos industriais . Vazamentos não controlados . Descargas acidentais de hidrocarbonetos		. Bacias hidrográficas com sistema de alerta de cheias . Vazamentos selados . Planos de emergência

CONTINUAÇÃO: TABELA 6 - MODELO DE P-E-R DO PLANO DA ÁGUA DOS AÇORES.

Ordenamento do domínio hídrico e do território		
		. Área do domínio hídrico delimitado. . Licenças de utilização do domínio hídrico emitidas. . Locais intervencionados para área de recreio e lazer. . Explorações de extração de inertes abrangidas por plano de gestão. . Conselhos com cadastro de infra-estruturas hidráulicas georreferenciado. . Conselhos com Plano Diretor Municipal. . Orla costeira com Plano de Ordenamento. . Planos de gestão de recursos hídricos elaborados.
Quadro institucional e normativo		
		. Técnicos em serviço na área do ambiente . Autos de notícia . Multas aplicadas . Instrumentos normativos adaptados/transpostos.
Regime económico e financeiro		
		. Preço da água . Eficiência de exploração . Despesa regional em ambiente . Despesa da administração local em ambiente . Investimentos em recursos hídricos por habitante . Empresas com certificação ambiental.
Informação e participação do cidadão		
		. Acessos ao site da Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos (DROTRH) . Ações de educação e sensibilização ambiental . Organizações Não Governamentais de Ambiente.
Conhecimento		
		. Esforço em I&D sobre recursos hídricos . Doutoramentos sobre recursos hídricos . Densidade da rede hidrométrica . Monitorização da qualidade da água

Fonte: ALMEIDA E BRITO (2002).

3.3 CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTO PELA COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CDS) DA ONU

Conforme afirma Ribeiro (2000b), os indicadores devem representar tendências e elementos essenciais à reflexão do processo de desenvolvimento. Assim, as informações dos indicadores serão apresentadas na tabela 7, destacando apenas os indicadores ambientais, agrupados por temas específicos dentro de suas dimensões.

TABELA 7 - CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTO PELA C.D.S. DA ONU.

TEMA ESPECÍFICO	INDICADORES
Combate ao desflorestamento	- Intensidade de corte de madeira - Mudança em área de floresta - Área florestal de gerenciamento controlado - Área de floresta protegida como percentual do total - Área florestal
Conservação da diversidade biológica	- Espécies ameaçadas como percentual do total de espécies nativas - Área protegida como percentual da área total
Manejo ambientalmente saudável da biotecnologia	- Despesa em pesquisa e desenvolvimento para biotecnologia - Existência de regulação ou diretrizes nacionais de biosegurança
Proteção da atmosfera	- Emissão de gases do efeito estufa - Emissão de óxido de enxofre - Emissão de óxido de nitrogênio - Consumo de substâncias que destroem a camada de ozônio - Concentração de poluentes ambientais em áreas urbanas - Despesas com redução da poluição do ar
Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos	- Geração de resíduos sólidos industriais e domésticos - Lixo doméstico per capita - Despesas com gerenciamento do lixo - Reciclagem de lixo - Desperdício total
Manejo ecologicamente correto das substâncias químicas	- Produtos químicos agudamente nocivos - Número de produtos químicos proibidos ou severamente restringidos
Manejo ambientalmente correto dos resíduos perigosos	- Geração de resíduos perigosos - Importação e exportação de resíduos perigosos
Manejo seguro e ambientalmente saudável dos resíduos radioativos	- Geração de lixo radioativo - Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos - Retiradas anuais de água e terra da superfície - Consumo doméstico de água per capita - Reservas de lençol de água - Concentração de coliformes fecais em água doce

CONTINUAÇÃO: TABELA 7 - CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTO PELA C.D.S. DA ONU.

	- Demanda bioquímica de oxigênio em corpos de água - Perda de água na estação de tratamento - Densidade da rede hidrológica.
Proteção dos oceanos e de todas as classes de mar e áreas costeiras	- Crescimento da população em áreas costeiras - Descarga de óleos dentro de águas costeiras - Liberação de nitrogênio e fósforo para águas costeiras - Produção de peixes máxima sustentada - Índice de algas
Abordagem integrada do planejamento/gerenciamento dos recursos da Terra	- Mudança de uso da terra - Mudança em condições da terra - Gerenciamento descentralizado de recursos naturais no nível local.
Gerenciamento de ecossistemas frágeis: combatendo a desertificação e a seca	- População que vive abaixo da linha de pobreza em área de seca - Índice nacional mensal de chuvas - Índice de vegetação derivado de satélite - Terra afetada por desertificação
Gerenciamento de ecossistemas frágeis: desenvolvimento sustentável de Montanhas	- Mudança de população em áreas de montanhas - Uso sustentável de recursos naturais em áreas de montanhas - Bem estar de populações de montanhas.
Promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável	- Uso de pesticidas agrícolas - Uso de fertilizantes - Percentual de terra arável irrigada - Uso de energia na agricultura - Terra arável per capita - Área afetada por salinização registrada na água - Educação agrícola.

Fonte: RIBEIRO, 2000.

3.4 INDICADORES AMBIENTAIS - IBGE

O conjunto de indicadores selecionados pelo IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, possui uma base estatística sólida, cuja reunião está dirigida a subsidiar o debate sobre o desenvolvimento e as características da sustentabilidade em nosso País. O trabalho de construção de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Brasil é inspirado no movimento internacional liderado pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável – CDS, das Nações Unidas (IBGE, 2004).

Os Indicadores Ambientais estão relacionados ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, e aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente. Os indicadores ambientais selecionados são apresentados na tabela 8.

TABELA 8 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS, IBGE.
INDICADORES AMBIENTAIS

1 – Concentração de poluentes no ar em áreas urbanas;
2 – Uso de fertilizantes;
3 – Uso de agrotóxicos;
4 – Terras em uso agrossilvipastoril;
5 – Queimadas e incêndios florestais;
6 – Desflorestamento na Amazônia Legal;
7 – Área remanescente e desflorestamento na Mata Atlântica e nas formações vegetais litorâneas;
8 – Qualidade de águas interiores;
9 – Balneabilidade;
10 – Produção do pescado marítima e continental;
11 – População residente em áreas costeiras;
12 – Espécies extintas e ameaçadas de extinção;
13 – Áreas protegidas;
14 – Tráfico, criação e comércio de animais silvestres;
15 – Espécies invasoras;
16 – Acesso a serviço de coleta de lixo doméstico;
17 – Destinação final do lixo;
18 – Acesso a sistema de abastecimento de água;
19 – Acesso a esgotamento sanitário;
20 – Tratamento de esgoto;
21 – Taxa de crescimento da população;

Fonte: IBGE, 2004.

CONTINUAÇÃO - TABELA 8 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS, IBGE.

22 – População e terras indígenas;

23 – Rendimento familiar *per capita*;

24 – Rendimento médio mensal;

25 – Expectativa de vida ao nascer;

26 – Taxa de mortalidade infantil;

27 – Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado;

28 – Adequação de moradia;

29 – Produto interno bruto *per capita*;

30 – Balança comercial;

31 – Consumo de energia *per capita*;

32 – Intensidade energética;

33 – Participação de fontes renováveis na oferta de energia;

34 – Reciclagem;

35 – Coleta seletiva;

36 – Ratificação de acordos globais;

37 – Existência de Conselhos Municipais;

38 – Gastos com pesquisa e desenvolvimento;

39 – Gasto público com proteção ao meio ambiente;

Fonte: IBGE, 2004.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de material já publicado, livros, artigos de periódicos e com material disponibilizado na internet, que o caracteriza como um estudo de caso, de característica exploratória com pesquisa bibliográfica.

Como o estudo investiga a qualidade do meio ambiente na região do reservatório do Passaúna, é um estudo de caso pois, “o estudo de casos é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro de seu contexto real, no qual as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e devem ser usadas várias fontes de evidências” (DONAIRE, 1997). O estudo de casos tem um lugar definido como um método de pesquisa pois entre várias aplicações podemos citar a que descreve a situação real do contexto no qual está sendo feita a intervenção (PATTON, 1980).

Tendo como ponto inicial do estudo o Relatório da APA do Passaúna (SANEPAR, 2001), efetuou-se uma análise dos indicadores de sustentabilidade sugeridos por organizações (VIEIRAS et al, 2005; ALMEIDA e BRITO, 2002; RIBEIRO, 2000; IBGE, 2004) e dos modelos utilizados (CUNHA, 2005) e recomendados para a construção de indicadores, selecionou-se um grupo de indicadores ambientais que representasse o estado do meio ambiente no Reservatório do Passaúna.

Após efetuar uma análise dos indicadores através de um diagnóstico com as séries históricas dos indicadores disponíveis de forma sistêmica (SANEPAR, 2001), foram selecionados aqueles que permitem mensurar as modificações ocorridas no

sistema, e que sejam fundamentais para a avaliação da sustentabilidade da região em estudo – indicadores específicos.

Em busca de uma forma simples de mensurar o possível comprometimento ambiental da região e usando indicadores que privilegiassem a fácil leitura e compreensão do fenômeno, propõe-se uma forma de calcular um índice que represente o estado da região.

A determinação do Índice de Comprometimento Ambiental (ICA) leva em conta as áreas de Campo Largo, Araucária e Curitiba que estão inseridas na região em estudo e a área da APA do Passaúna. Com base na presença de potenciais poluidores nos municípios, é calculado o ICA de cada indicador referente a cada um dos setores (área do município inserido na região de estudo) e, em seguida obtém-se o ICA médio desse indicador para a região.

O cálculo do ICA, que associa um valor a um indicador, é feito usando a equação 1, que é uma definição de concentração relativa.

$$ICA_{\text{setor}} = \frac{\frac{Q_S}{A_S}}{\frac{Q_R}{A_R}} \quad (1)$$

Onde:

- Q_R = Quantidade referente ao potencial de poluição da região de estudo;
- Q_S = Quantidade referente ao potencial de poluição no setor;
- A_R = Área da região de estudo;
- A_S = Área do setor;

Em seguida é obtido o ICA geral, pela soma dos produtos envolvendo o ICA médio de cada indicador e potencial de degradação (w_i) de cada um, a equação 2 descreve o cálculo.

$$ICA_{região} = \sum_{i=1}^n ICA_{médio} \cdot w_i \quad (2)$$

Onde:

$ICA_{médio}$ = ICA médio dos indicadores na região.

w_i = Potencial de degradação do indicador.

O potencial de degradação (w_i) de cada indicador em relação ao conjunto de indicadores, é obtido aplicando o método de Mudge, utilizado na análise de valor. O método permite classificar hierarquicamente os indicadores, baseando-se numa análise comparativa entre os mesmos, dois a dois, até que todos sejam comparados entre si (BARROS, 2002).

O método de Mudge é uma técnica que consiste em comparar todas as possíveis combinações de pares de funções, determinando-se, a cada momento, a mais importante, com uma ponderação adequada. Ao terminar as comparações e somados os pontos de cada função na matriz, tem-se a função de maior importância relativa seguida pelas demais (CSILLAG, 1995).

Inicialmente foi construída a tabela 9 que apresenta uma escala de degradação para cada indicador, onde 1 representa um grau muito baixo e 5 um grau muito forte de degradação.

TABELA 9 – CLASSIFICAÇÃO DA ESCALA DE POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO.

POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Muito Baixo	1
Baixo	2
Médio	3
Forte	4
Muito Forte	5

Depois de calcular o ICA geral, obtém-se um índice ajustado ao intervalo de 0 (zero) a 1 (um), $ICA_{região}$, onde índice 0 (zero) representa um menor e, 1(um) representa maior comprometimento ambiental.

O cálculo foi feito através da equação 3.

$$ICA_{região,N} = \frac{ICA_{geral} - ICA_{min}}{ICA_{máx} - ICA_{min}} \quad (3)$$

Onde:

- ICA_{geral} = Índice de Comprometimento Ambiental da região em estudo;
- ICA_{min} = menor ICA da região possível;
- $ICA_{máx}$ = maior ICA região possível.

O ICA_{min} é obtido pelo cálculo do ICA para a região com concentração de potenciais poluidores na maior área, resultando em 0,56, e o $ICA_{máx}$ é obtido pelo cálculo do ICA para a região com concentração de potenciais poluidores na menor área, resultando em 1,73, para este caso.

Com o $ICA_{região,N}$ pode-se classificar o comprometimento da região utilizando a escala de intensidade de comprometimento apresentada na tabela 10.

TABELA 10 – ESCALA DE INTENSIDADE DE COMPROMETIMENTO.

GRAU do ÍNDICE	INTENSIDADE de COMPROMETIMENTO
0 a 0,25	Fraca
0,26 a 0,50	Moderada
0,51 a 0,75	Forte
0,76 a 1,00	Muito Forte

A tabela de intensidade de comprometimento foi elaborada dividindo o conjunto de possíveis valores do ICA ajustado em quatro classes utilizando os percentis: 25º (1º quartil), 50º (2º quartil) e 75º (3º quartil). Percentil, é um valor tal que pelo menos p por cento das observações são menores ou iguais a esse valor e pelo menos (100-p) por cento das observações são maiores ou iguais a esse valor (ANDERSON et al, 2003). Dessa forma, índice com valor menor que o valor correspondente ao 1º quartil corresponde a uma participação inferior a 25%, portanto intensidade de comprometimento fraca, um comprometimento ambiental grave, indicando risco de colapso ambiental, será representado quando o valor for maior que o 3º quartil, ou seja, acima de 75%.

O índice do estado trófico apresentado e utilizado no cálculo do ICA, é um índice simples e prático usado para auxiliar o estudo e o gerenciamento da qualidade dos recursos hídricos. Os valores obtidos pelo disco de Secchi são transformados pela equação 4 em índice de estado trófico para a profundidade de Secchi – IET(DS), e os dados referentes a Clorofila são transformados em índice do estado trófico para a clorofila – IET(CL) pela equação 5 (CARLSON, 1977).

$$IET(DS) = 10 \cdot \left(6 - \frac{\ln DS}{\ln 2} \right) \quad (4)$$

$$IET(CI) = 10 \cdot \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \cdot \ln CI}{\ln 2} \right) \quad (5)$$

Onde:

- DS = profundidade medida com o disco de Secchi, em metros.
- CL = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$.
- ln = logaritmo natural.

5 PROPOSTA DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE AMBIENTAL NA REPRESA DO PASSAÚNA

5.1 A ÁREA DE ESTUDO

Em 1974, Curitiba foi cercada por colônias incentivadas por uma política de fixar os imigrantes como proprietários de pequenas propriedades rurais, formando o que foi chamado de “cinturão verde”. Nessa mesma época, a bacia do Rio Passaúna foi selecionada como uma das fontes de abastecimento de água de Curitiba (SANEPAR, 2001).

Em 1988 foi sancionada a Lei Estadual nº 12.248 (SANEPAR, 2001), que criou o Sistema Integrado de Proteção aos Mananciais, introduzindo novos conceitos de gestão na preservação dos mananciais. Como consequência, procedeu-se à implementação dos Zoneamentos Ecológicos-Econômicos das Áreas de Proteção Ambiental (APA) dos rios Iraí e Passaúna. A APA do Passaúna foi instituída pelo Decreto Estadual nº 458, de 05 de junho de 1991, e teve seu primeiro Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado em 26 de maio de 1995, através do Decreto Estadual nº 832.

A Área de Proteção Ambiental do rio Passaúna está localizada a oeste da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e abrange os municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Curitiba (figura 6). A área em estudo compreende o limite sul da Área de Proteção Ambiental do Passaúna até esta encontrar a BR-277, abrangendo os municípios de Araucária, Campo Largo e

Curitiba. A bacia do rio Passaúna é um importante manancial da RMC, abastecendo parte dos municípios de Campo Largo e Campo Magro, além de aproximadamente 30% do município de Curitiba (SANEPAR, 2001).

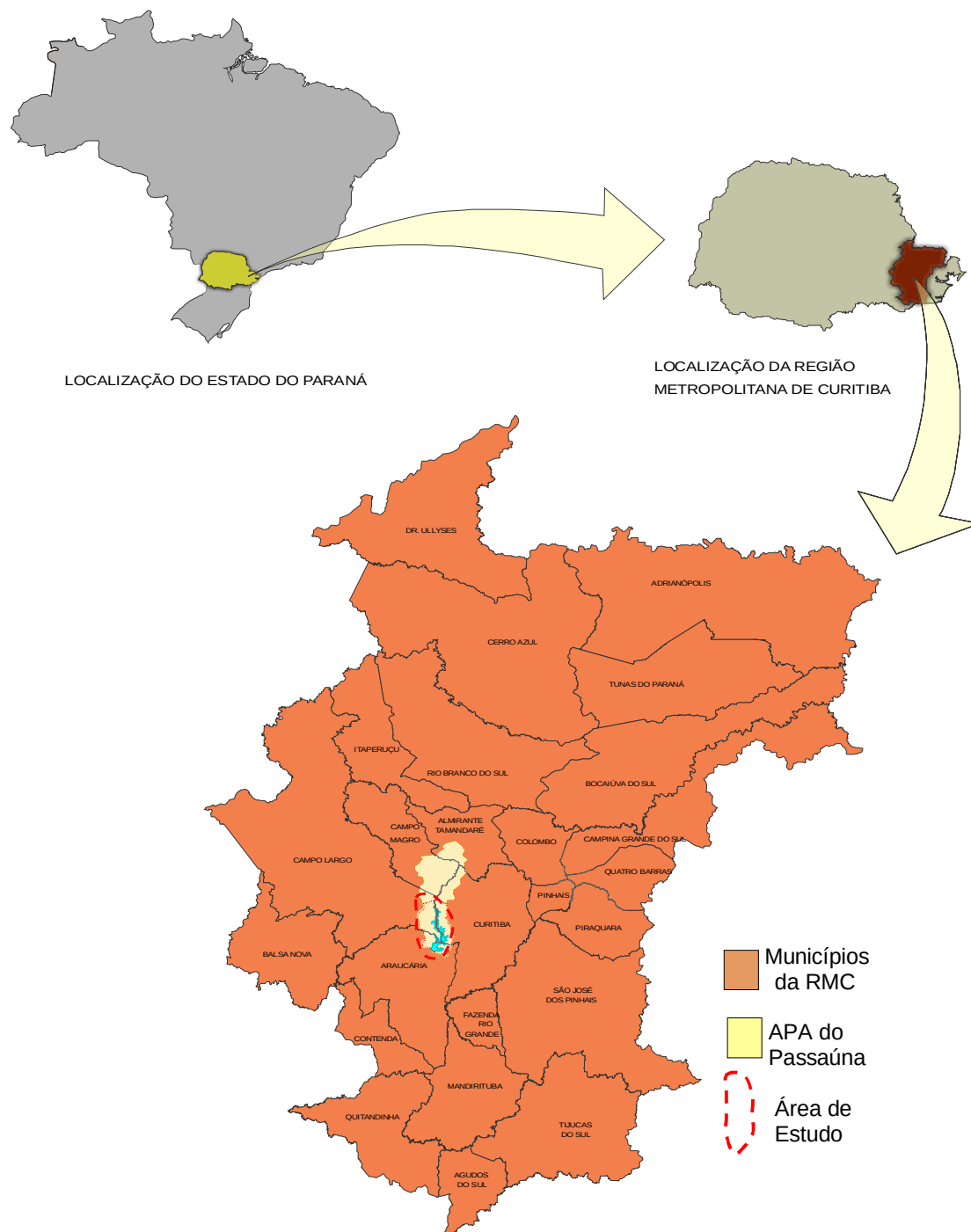


FIGURA 6 – Localização da APA do Passaúna.
FONTE: SANEPAR, 2001.

5.2 SELEÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAIS

Considerando as características que um indicador deve possuir, foi elaborada uma lista de indicadores específicos considerados relevantes para a caracterização da situação na região em estudo. A opção por um número não muito grande de indicadores se justifica pelo fato de possibilitar uma leitura mais fácil e clara.

A lista de indicadores de pressão tem como objetivo caracterizar as pressões sobre o reservatório, provocadas pelos moradores ou resultantes das atividades econômicas. Os indicadores de estado foram escolhidos tendo em conta as informações existentes, mas pensando, também, nas que poderão vir a ser disponibilizadas no futuro, descrevendo o estado geral da qualidade da água e dos recursos naturais da Região. Os indicadores de resposta visam caracterizar as ações que estão sendo adotadas na Região.

Os indicadores selecionados apresentados na tabela 11, oferecem dados e informações a respeito das condições ambientais do solo, dos recursos hídricos e ações antrópicas, por caracterizarem melhor a área em estudo, bem como possibilitar fácil análise da situação ambiental da região em estudo.

TABELA 11 – LISTA DOS INDICADORES AMBIENTAIS SELECIONADOS.

INDICADOR	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA	UNIDADE DE MEDIDA	IDENTIFICAÇÃO
POPULAÇÃO PREVISTA	Estimativa obtida a partir da média da Região Metropolitana de Curitiba.	A pressão exercida do homem sobre o lago afeta a qualidade da água.	Número de habitantes	A
PONTOS DE ACESSO	Representa os locais onde é possível chegar até o lago.	A interferência do homem é fator de risco ao meio ambiente.	Unidades	B
FONTES DE POLUIÇÃO	O número de indústrias, cemitérios, pedreiras e lixões dentro da área em estudo.	A quantidade de potenciais poluidores é diretamente proporcional ao aumento da degradação ambiental.	Unidades	C
CONSUMO DE ÁGUA	Apresenta o número de domicílios ligados à rede de abastecimento, na bacia.	Caracteriza a qualidade de vida e, associado a outras informações ambientais, avalia o desenvolvimento sustentável.	Unidades	D
ÁREA URBANA	Proporção de área urbana na região em relação à área total na bacia.	Avalia o avanço da ocupação antrópica na região.	Porcentagem	E
FITOPLÂNCTON	Densidade do fitoplâncton total no reservatório. Coletas de superfície.	A utilização de fitoplâncton como bioindicador se fundamenta na avaliação da base de uma cadeia alimentar, na qual os efeitos oriundos das alterações ambientais serão refletidos em todos os seus componentes e, conseqüentemente, no bioma como um todo.	Células/litro	F
AGROTÓXICOS	Análise cromatográfica, para a detecção de agrotóxicos.	A existência de propriedades rurais e atividades agropastoris comprometem a qualidade da água.	mg.L ⁻¹	G
COLIFORMES	Com base na contagem de coliformes totais, coliformes fecais e colônias atípicas.	A urbanização e a falta de saneamento básico interferem na qualidade da água.	Unidades	H
DÉFICIT OXIGÊNIO DISSOLVIDO	É obtido pela diferença entre OD de saturação e o OD medido.	É de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.	mg.L ⁻¹	I
CLOROFILA	Concentração de clorofila medida à superfície da água, em µg.L ⁻¹ .	A avaliação correspondente à clorofila deve ser considerada como uma medida da resposta do lago.	µg.L ⁻¹	J

CONTINUAÇÃO - TABELA 11 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS SELECIONADOS.

		agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas.		
MASSA TOTAL DE PARTÍCULAS	É o material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo de água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos plancctônicos.	Influência na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.	mg	K
PROFUNDIDADE DE SECCHI	Mede o grau de transparência da água, pode ser considerada o oposto da turbidez.	A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi corresponde àquela profundidade na qual a radiação refletida do disco não é mais sensível ao olho humano. Fator relevante para avaliar a qualidade da água.	m	L
TRATAMENTO DE ESGOTO	Moradias, da bacia, ligadas à rede de esgoto.	Trata-se de um indicador que caracteriza a qualidade de vida e, portanto, permite o acompanhamento da política ambiental.	Porcentagem	M
LIXO DOMÉSTICO	Acesso a coleta de lixo doméstico das residências da bacia.	O lixo depositado em locais inadequados pode contaminar o solo e a água.	Porcentagem	N

5.3 PROPOSTA DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE AMBIENTAL

A determinação de um Índice de Comprometimento Ambiental (ICA) é fundamentada na concentração dos potenciais poluidores, por setor, e também pela importância relativa de cada indicador na composição do índice. Estes setores são definidos pelos municípios inseridos na área de estudo Curitiba, Campo Largo e Araucária (figura 7).

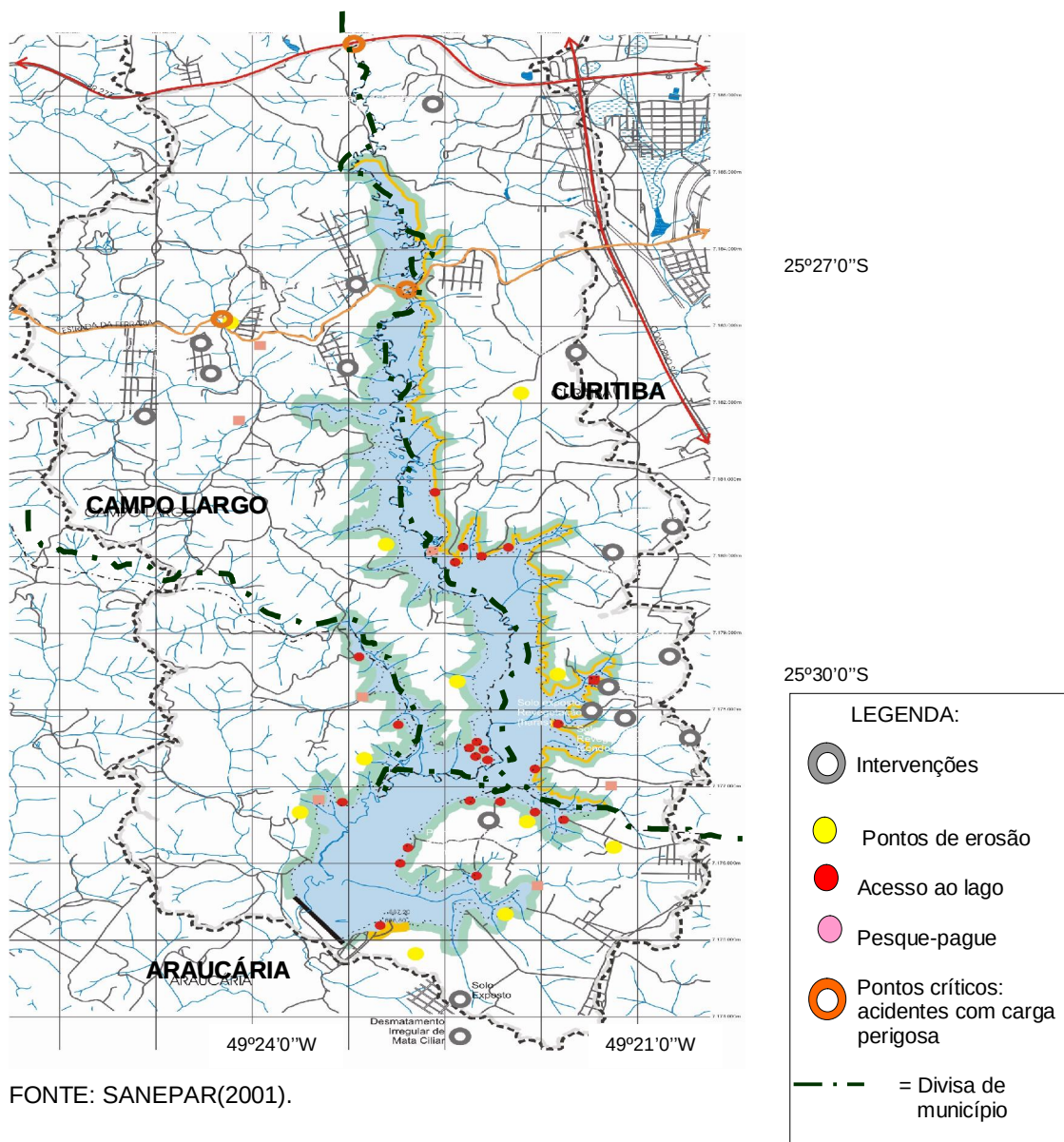


FIGURA 7 – Reservatório do Passaúna e municípios vizinhos.

Os indicadores selecionados foram classificados segundo seu potencial de degradação e identificados por letras com objetivo de construir a matriz de Mudge, na tabela 12. A classificação foi estabelecida levando-se em conta os graus da escala de potencial de degradação, tabela 9, e a análise de cada indicador feita pelo autor.

TABELA 12 – LISTA DE INDICADORES AMBIENTAIS E CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO.

INDICADOR	IDENTIFICAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
POPULAÇÃO PREVISTA	A	4
PONTOS DE ACESSO	B	3
FONTES DE POLUIÇÃO	C	5
CONSUMO DE ÁGUA	D	3
ÁREA URBANA	E	5
FITOPLÂNCTON	F	1
AGROTÓXICOS	G	4
COLIFORMES	H	4
DÉFICIT DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (D.O.D.)	I	2
ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO - IET (Clorofila)	J	1
MASSA TOTAL PARTÍCULAS	K	2
ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO - IET (Disco Secchi)	L	3
TRATAMENTO DE ESGOTO	M	2
LIXO DOMÉSTICO	N	2

A construção da matriz de Mudge, tabela 13, é feita com a distribuição dos indicadores de forma escalonada, o primeiro indicador na segunda linha e primeira coluna; o segundo, na terceira linha e segunda coluna; o terceiro, na quarta linha e terceira coluna, e assim sucessivamente até que todos os indicadores sejam colocados; na primeira linha da matriz também são colocados os indicadores,

respeitando a ordem de distribuição inicial, a partir do segundo para que a comparação dois a dois possa ser feita.

A comparação é feita avaliando o potencial de degradação de cada um, e o indicador de maior potencial de degradação entra na matriz com um índice obtido pela diferença entre o potencial de degradação dele com o do outro indicador. Assim, o indicador identificado por A (População prevista) apresenta potencial de degradação 4 (Forte), maior do que o do indicador B (Pontos de acesso) com potencial de degradação 3 (Médio), a diferença entre eles é o índice que o indicador A levará para a matriz, A1. No caso em que a diferença é nula, ambos se equivalem no potencial de degradação, a escolha fica a cargo do pesquisador.

TABELA 13 – MATRIZ DE VALORAÇÃO DE MUDGE REFERENTE AO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DOS INDICADORES SELECIONADOS.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Pi*	Σ	(%)
A	A1	C1	A1	E1	A3	G1	H1	A2	A3	A2	A1	A2	A2	1	18	10
	B	C2	B1	E2	B2	G1	H1	B1	B2	B1	L1	B1	B1	1	10	6
		C	C2	C1	C4	C1	C1	C3	C4	C3	C2	C3	C3	1	31	18
			D	E2	D2	G1	H1	D1	D2	D1	L1	D1	D1	1	9	5
				E	E4	E1	E1	E3	E4	E3	E2	E3	E3	1	30	18
					F	G3	H3	I1	J1	K1	L2	M1	N1	1	1	1
						G	G1	G2	G3	G2	G1	G2	G2	1	20	12
							H	H2	H3	H2	H1	H2	H2	1	19	11
								I	I1	I1	L1	I1	N1	1	5	3
									J	K1	L2	M1	N1	1	2	1
										K	L1	M1	N1	1	3	2
											L	L1	L1	1	11	7
												M	N1	1	4	2
													N	1	6	4
														T	169	100

*Potencial de degradação inicial.

Após completar a matriz de Mudge, o potencial de degradação de cada indicador em relação aos demais é obtido pela soma dos índices da letra associada às linhas da matriz, mais um (por exemplo: linha A, $A1+A1+A3+A2+A3+A2+A1+A2+A2 = 17 + 1 = 18$). A coluna percentual (%) indica a

importância relativa de degradação do indicador com relação aos outros – 10%, usada como fator de ponderação no cálculo do ICA região.

A classificação dos indicadores quanto ao potencial de poluição é apresentada na figura 8. Comprova-se que Fontes de Poluição e Área Urbana se destacam com mais de 17% de potencial de poluição relativa, portanto, pode-se concluir que esses indicadores exercem uma interferência mais significativa em relação aos demais.

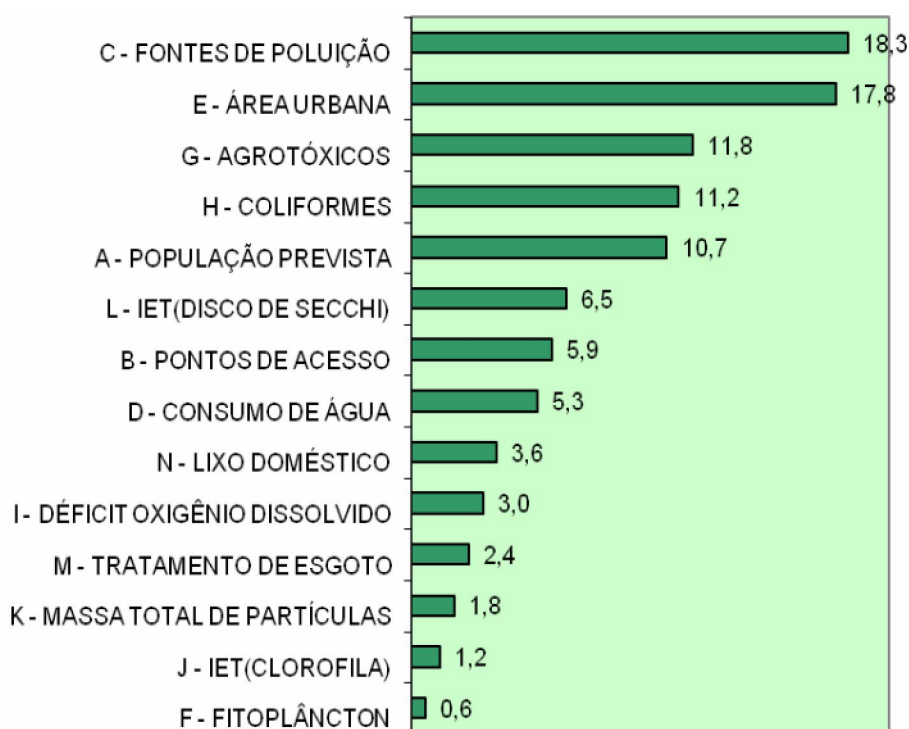


FIGURA 8 – Potencial de poluição de cada indicador, no conjunto de indicadores, em porcentagem.

Desenvolve-se a seguir, para fins de ilustração, um exemplo de aplicação do ICA na concentração dos pontos de acesso ao reservatório do Passaúna, fontes de poluição, a população prevista na região em estudo com base nos loteamentos

aprovados na área em estudo, o déficit de oxigênio dissolvido (D.O.D.), índice do estado trófico (IET) obtido a partir da presença de clorofila e o índice do estado trófico (IET) obtida a partir da profundidade Secchi.

A tabela 14 apresenta a área de cada município inserida da região de estudo e os dados referentes aos seis indicadores escolhidos para o cálculo.

TABELA 14 – ÁREA DOS MUNICÍPIOS INSERIDOS NA ÁREA DE ESTUDO E INDICADORES UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DO I.C.A.

MUNICÍPIOS		ARAUCÁRIA	CAMPO LARGO	CURITIBA	TOTAL
INDICADORES	ÁREA (Km²)	474	1360	437	2271
	A - POPULAÇÃO PREVISTA ¹	1654	8695	1288	11637
	B - PONTOS DE ACESSO (unid.)	11	5	8	24
	C - FONTES DE POLUIÇÃO ² (unid.)	6	2	25	33
	I - D.O.D. ³ (mg.L ⁻¹)	1,8	4,6	4,1	10,5
	J - IET (Clorofila) ³	47,84	55,85	52,14	155,83
	L - IET (Disco de Secchi) ⁴	47,1	59,4	48,1	154,6

FONTES: Relatório APA Passaúna, (SANEPAR, 2001) e Caracterização de material particulado inorgânico no reservatório do rio Passaúna (MEGER, 2007).

¹ População prevista com base no número de lotes dos loteamentos aprovados na APA e na média da RMC de 3,7 habitantes por unidade (lotes).

² Indústrias, cemitérios, pedreiras e lixões.

³ Valores médios do Índice estado trófico (IET) obtidos a partir da presença de Clorofila, de Meger (2007).

⁴ Valores médios do Índice estado trófico (IET) obtidos a partir da profundidade Secchi, de Meger (2007).

O primeiro passo é calcular um índice para cada setor utilizando a equação 1 e, em seguida, obter a média dos três setores.

Cálculo do ICA_{setor} de cada um dos municípios:

– População Prevista:

- Araucária $\Rightarrow ICA_{\text{pop,Arau}} = \frac{\frac{1654}{474}}{\frac{11637}{2271}} \cong 0,68$
- Campo Largo $\Rightarrow ICA_{\text{pop,CL}} = \frac{\frac{8695}{1360}}{\frac{1637}{2271}} \cong 1,25$
- Curitiba $\Rightarrow ICA_{\text{pop,Ctba}} = \frac{\frac{1288}{437}}{\frac{1637}{2271}} \cong 0,58$
- Índice médio da População Prevista: $ICA_{\text{médio}} = \frac{0,68 + 1,25 + 0,58}{3} \cong 0,84$

– Pontos de Acesso:

- Araucária $\Rightarrow ICA_{\text{pts,Arau}} = \frac{\frac{11}{474}}{\frac{24}{2271}} \cong 2,20$
- Campo Largo $\Rightarrow ICA_{\text{pts,CL}} = \frac{\frac{5}{1360}}{\frac{24}{2271}} \cong 0,35$
- Curitiba $\Rightarrow ICA_{\text{pts,Ctba}} = \frac{\frac{8}{437}}{\frac{24}{2271}} \cong 1,73$
- Índice médio dos Pontos de Acesso: $ICA_{\text{médio}} = \frac{2,20 + 0,35 + 1,73}{3} \cong 1,43$

– Fontes de Poluição:

- $$\text{Araucária} \Rightarrow \text{ICA}_{\text{fp,Arau}} = \frac{\frac{6}{474}}{\frac{33}{2271}} \cong 0,87$$
- $$\text{Campo Largo} \Rightarrow \text{ICA}_{\text{fp,CL}} = \frac{\frac{2}{1360}}{\frac{33}{2271}} \cong 0,10$$
- $$\text{Curitiba} \Rightarrow \text{ICA}_{\text{fp,Ctba}} = \frac{\frac{25}{437}}{\frac{33}{2271}} \cong 3,94$$
- $$\text{Índice médio das Fontes de Poluição: } \text{ICA}_{\text{médio}} = \frac{0,87 + 0,10 + 3,94}{3} \cong 1,64$$

– Déficit de Oxigênio Dissolvido:

- $$\text{Araucária} \Rightarrow \text{ICA}_{\text{dod,Arau}} = \frac{\frac{1,8}{474}}{\frac{10,5}{2271}} \cong 0,82$$
- $$\text{Campo Largo} \Rightarrow \text{ICA}_{\text{dod,CL}} = \frac{\frac{4,6}{1360}}{\frac{10,5}{2271}} \cong 0,73$$
- $$\text{Curitiba} \Rightarrow \text{ICA}_{\text{dod,Ctba}} = \frac{\frac{4,1}{437}}{\frac{10,5}{2271}} \cong 2,03$$
- $$\text{Índice médio do déficit de oxigênio dissolvido: } \text{ICA}_{\text{médio}} = \frac{0,82 + 0,73 + 2,03}{3} \cong 1,20$$

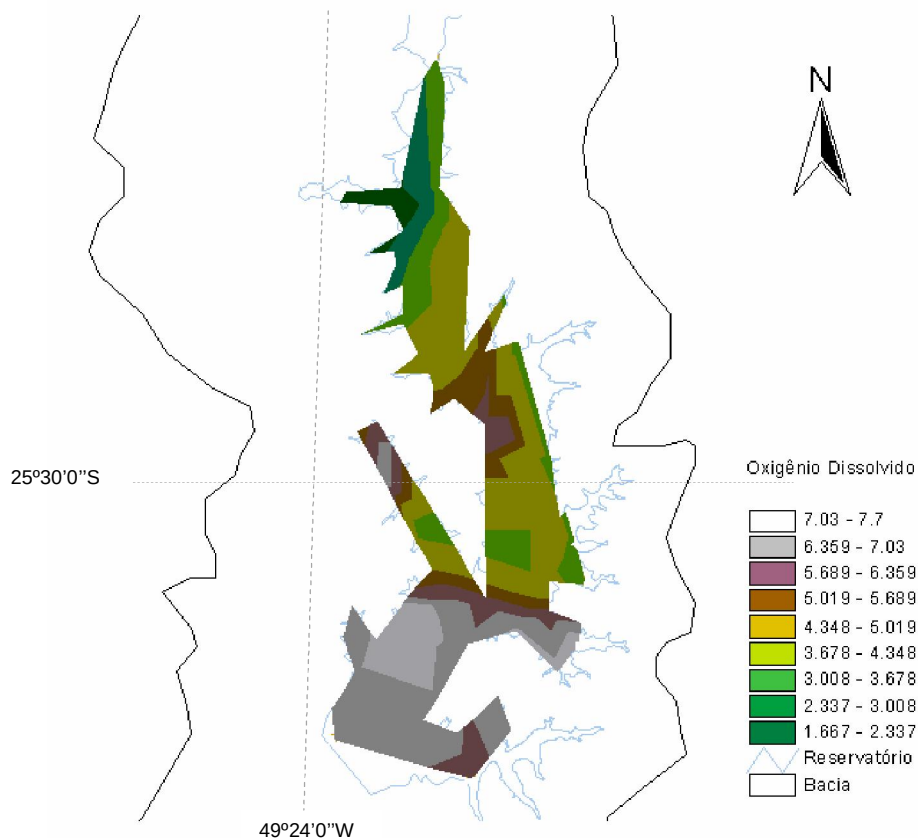


FIGURA 9 – Concentração de Oxigênio Dissolvido no Reservatório do Passaúna.

– Índice Estado Trófico (clorofila):

- Araucária $\Rightarrow ICA_{\text{clor,Arau}} = \frac{\frac{47,84}{474}}{\frac{155,83}{2271}} \cong 1,47$
- Campo Largo $\Rightarrow ICA_{\text{clor,CL}} = \frac{\frac{55,85}{1360}}{\frac{155,83}{2271}} \cong 0,60$
- Curitiba $\Rightarrow ICA_{\text{clor,Ctba}} = \frac{\frac{52,14}{437}}{\frac{155,83}{2271}} \cong 1,74$
- Índice médio da clorofila: $ICA_{\text{médio}} = \frac{1,47 + 0,60 + 1,74}{3} \cong 1,27$

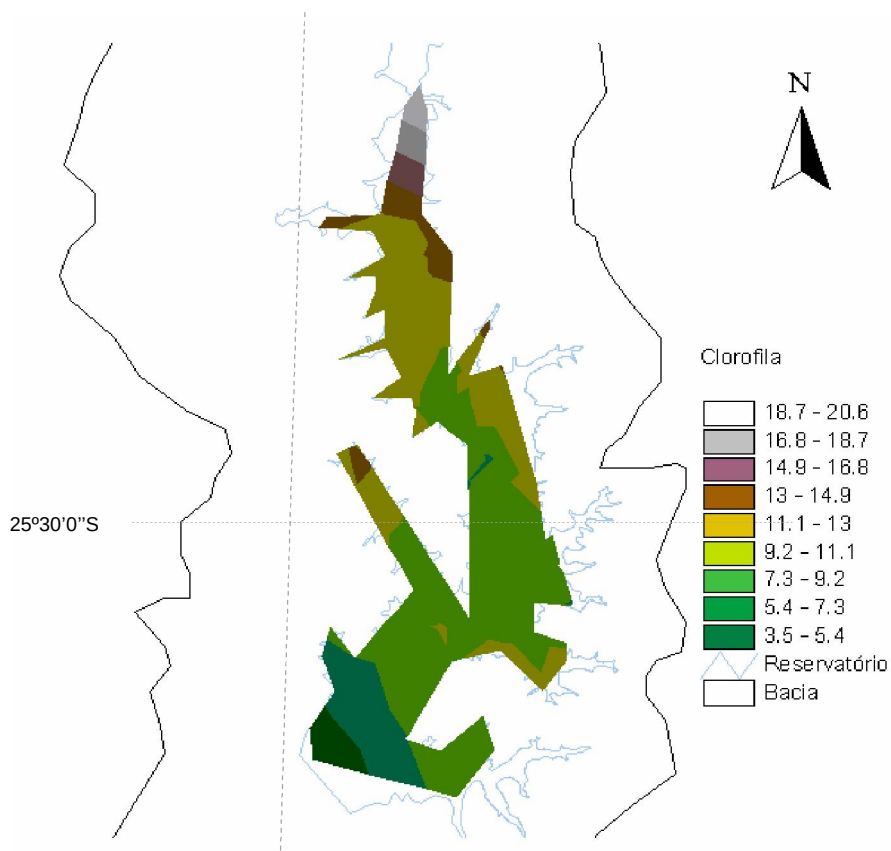


FIGURA 10 – Presença de Clorofila no Reservatório do Passaúna.

– Índice Estado Trófico (disco de secchi):

$$\bullet \text{ Araucária } \Rightarrow \text{ICA}_{\text{IET,Ctba}} = \frac{\frac{47,1}{474}}{\frac{154,6}{2271}} \cong 1,46$$

$$\bullet \text{ Campo Largo } \Rightarrow \text{ICA}_{\text{IET,Ctba}} = \frac{\frac{59,4}{1360}}{\frac{154,6}{2271}} \cong 0,64$$

$$\bullet \text{ Curitiba } \Rightarrow \text{ICA}_{\text{IET,Ctba}} = \frac{\frac{48,1}{437}}{\frac{154,6}{2271}} \cong 1,62$$

$$\bullet \text{ Índice médio do estado trófico: } \text{ICA}_{\text{médio}} = \frac{1,46 + 0,64 + 1,62}{3} \cong 1,24$$

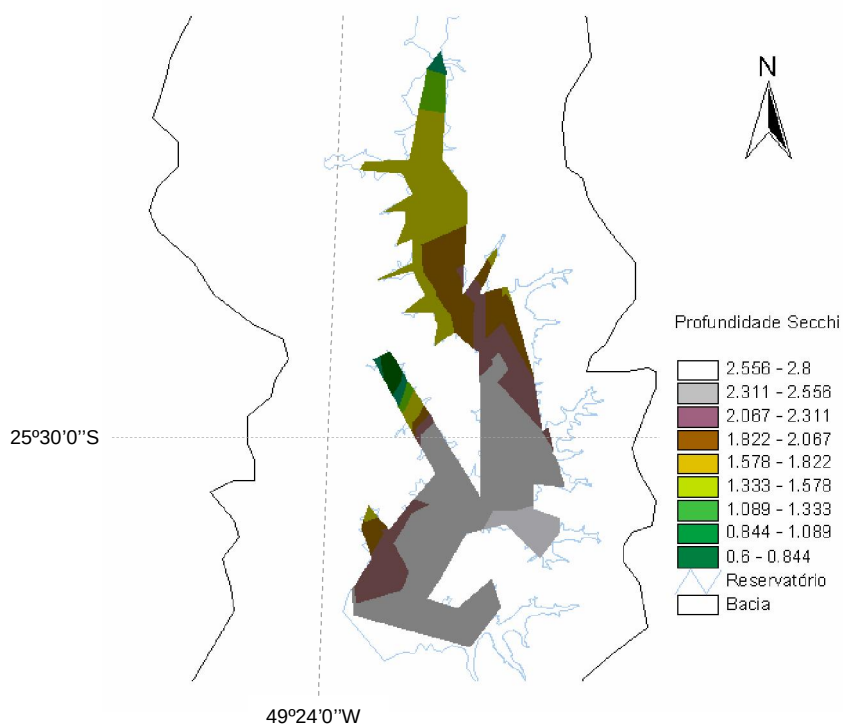


FIGURA 11 – Profundidade de Secchi no Reservatório do Passaúna.

Em seguida, determina-se a classificação de cada indicador envolvido no cálculo utilizando a tabela 9, os indicadores do exemplo estão classificados na tabela 15.

TABELA 15 – CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DOS INDICADORES USADOS NO EXEMPLO.

INDICADOR	IDENTIFICAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
POPULAÇÃO PREVISTA	A	4
PONTOS DE ACESSO	B	3
FONTES DE POLUIÇÃO	C	5
D.O.D.	I	2
IET(CL)	J	1
IET(DS)	L	3

A construção da matriz de Mudge (tabela 16) é feita comparando os indicadores dispostos em linha com os indicadores colocados nas colunas em relação ao potencial de degradação de cada indicador. Após completar a matriz de Mudge, o potencial de degradação relativo de cada indicador em relação aos demais aparece na coluna percentual (%).

TABELA 16 – MATRIZ DE VALORAÇÃO DE MUDGE REFERENTE AO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DOS INDICADORES USADOS PARA A DETERMINAÇÃO DO ICA GERAL.

	B	C	I	J	L	Pi*	Σ	(%)
A	A1	C1	A2	A3	A1	1	8	24
	B	B2	B1	B2	B1	1	7	21
		C	C3	C4	C2	1	11	34
			I	I1	L1	1	2	6
				J	L2	1	1	3
					L	1	4	12
						TOTAL	33	100

*Potencial de degradação inicial.

Considerando os resultados obtidos na tabela 16, observa-se que Fontes de Poluição (C) é o indicador com o maior potencial de degradação em relação aos outros seis do exemplo, com um percentual de 34% e a presença de clorofila (J) é o que tem o menor potencial com 3%, o cálculo do índice geral de comprometimento ambiental fica assim definido usando a equação 2:

$$ICA_{\text{região}} = 0,84.0,24 + 1,43.0,21 + 1,64.0,34 + 1,20.0,06 + 1,27.0,03 + 1,24.0,12$$

$$ICA_{\text{região}} \cong 1,32$$

Visando classificar a região quanto ao grau de comprometimento ambiental apresentado na tabela 10, calculou-se um índice ajustado ao intervalo de 0 (zero) a 1 (um) utilizando a equação 3.

O ICA geral normalizado ($ICA_{região,N}$) fica igual a:

$$ICA_{região,N} = \frac{1,32 - 0,56}{1,73 - 0,56} \quad \therefore \quad ICA_{região,N} \cong 0,65$$

Com base na análise dos indicadores: Pontos de Acesso, Fontes de Poluição, População Prevista, D.O.D., IET (CL) e IET (DS); a região tem um índice de comprometimento ambiental igual a 0,65 que, conforme a classificação dada na tabela 10 é considerado FORTE, o que indica a necessidade de uma resposta rápida da sociedade, sendo necessárias medidas urgentes para minimizar a degradação ambiental na região.

5.3.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO INDICADOR (ICA)

Para verificar se o ICA contempla as variações necessárias para classificar diferentes situações ambientais, três situações hipotéticas para as regiões em estudo são analisadas.

Consideram-se seis indicadores selecionados para o exemplo apresentado no item anterior, e uma situação com baixa concentração de potenciais poluidores S1, outra com uma concentração classificada como moderada S2, e a terceira com alta concentração de potenciais poluidores S3. Os dados, hipotéticos, estão apresentados na tabela 17.

TABELA 17 – DADOS REFERENTES A TRÊS ESTUDOS DE SENSIBILIDADE DO ICA.

INDICADORES *	CAMPO LARGO			CURITIBA			ARAUCARIA		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
POPULAÇÃO PREVISTA	800	1000	10000	50	150	20000	150	200	5000
PONTOS DE ACESSO	3	6	9	2	4	15	1	2	4
FONTES DE POLUIÇÃO	5	7	10	1	25	40	1	2	10
D.O.D.	4,65	2	0	0	1	10	0	1	0
IET(CI)	10	80	0	0	5	80	0	90	10
IET(DS)	10	60	0	0	0	90	1	60	0

* Unidades de medidas: Pontos de Acesso e Fontes de Poluição: unidades; População prevista: habitantes; Déficit de Oxigênio Dissolvido: mg.L^{-1} - Dados hipotéticos.

Inicialmente considera-se uma região de baixa concentração de potenciais poluidores (S1), com $\text{ICA}_{\text{região}}$ de 0,85, o $\text{ICA}_{\text{região,N}}$ é igual a 0,25, o que corresponde a um FRACO comprometimento ambiental, de acordo com a tabela 12. Uma região com essa classificação não requer atitudes drásticas no aspecto ambiental, apenas sugere que a sociedade não pode se descuidar no controle da qualidade ambiental.

Um comprometimento MODERADO fica caracterizado com um $\text{ICA}_{\text{região}}$ de 1,17 (S2), por exemplo, assim, o $\text{ICA}_{\text{região,N}}$ é igual a 0,52. Um sinal de alerta é dado à comunidade. As respostas devem ser mais efetivas no controle da qualidade ambiental dessa região.

$\text{ICA}_{\text{região}}$ da 3ª situação é igual a 1,49, o que caracteriza uma região de MUITO FORTE comprometimento ambiental, pois o $\text{ICA}_{\text{região,N}}$ corresponde a 0,79, o que indica necessidade de uma rápida e efetiva resposta visando a mitigação da degradação ambiental dessa região.

A determinação do Índice de Comprometimento Ambiental tem limitações, principalmente ligadas ao método da coleta dos dados e não ao conceito de indicador.

Algumas restrições ao uso do ICA:

- Os dados devem ser escolhidos/coletados de forma que possam ser utilizados adequadamente na composição do índice (associados às áreas dos setores);
- Não classifica problemas onde há concentração em uma região;
- Não diferencia situações com regiões que apresentem distribuições homogêneas de potenciais poluidores.

6 CONCLUSÃO

A análise dos indicadores apresentados leva a considerar a importância desses parâmetros na busca de soluções de problemas que envolvem o planejamento e o gerenciamento ambiental. Permite, ainda, fazer algumas observações necessárias para o presente trabalho, que visa estabelecer as bases de uma pesquisa mais ampla a respeito da utilização de indicadores ambientais como parâmetro de avaliação do comprometimento ambiental de uma região.

Após o cálculo do índice, constatou-se que o índice de comprometimento ambiental da região em estudo, é igual a 0,65, conforme a tabela de escala de intensidade de comprometimento (tabela 10). Esta medida pertence ao intervalo de 0,51 a 0,75, que representa uma classificação de comprometimento ambiental forte, para os dados analisados. A classificação forte sugere a necessidade de monitoramento sistemático e freqüente da região.

Na análise dos indicadores, comprova-se que a presença do homem na região é fator preponderante de comprometimento ambiental, pois entre os indicadores selecionados, fontes de poluição e área urbana aparecem com a maior importância relativa, no que diz respeito a potencial de poluição (figura 8).

Ressalta-se que essas análises são resultados de um exemplo da aplicação da proposta. Para obter-se resultados mais consistentes os dados devem ser obtidos em um mesmo período.

O índice de comprometimento ambiental se mostra sensível para situações onde há uma boa variação da presença de potenciais poluidores em cada setor, como demonstrado na análise de sensibilidade.

O desenvolvimento da metodologia utilizada no presente estudo privilegia a simplicidade da análise de dados. Fundamenta-se no cálculo da concentração de poluidores em setores de uma dada região e no potencial de degradação relativo de cada um. Ao utilizar o método de Mudge para analisar e classificar os potenciais poluidores de uma região, possibilita uma seleção crítica de indicadores para a composição de um índice geral de qualidade ambiental.

A contribuição de novas metodologias é iniciativa importante para monitorar e gerenciar o desenvolvimento de regiões suscetíveis a degradação ambiental. Portanto, a metodologia proposta se justifica como pertinente, na identificação de parâmetros, para a avaliação e a elaboração de planejamento ambiental na tomada de decisões que minimizem os problemas de comprometimento na região.

A partir desse trabalho, a determinação do índice de comprometimento ambiental pode ser aprimorado inserindo, por exemplo, uma análise de dispersão dos dados referentes aos setores pertencentes à região em estudo. Deve-se ainda, organizar um banco de dados adequados ao método, o que propiciará o desenvolvimento de um aplicativo para a automação da sua aplicação.

Concluindo, a determinação do ICA de uma região caracteriza-se como um instrumento capaz de contribuir para avaliar a evolução do processo de planejamento e gestão ambiental em busca do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21 BRASILEIRA – AÇÕES PRIORITÁRIAS. **Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**, Brasília, 2002.

ALMEIDA, J.; BRITO, A. G. **A utilização de indicadores ambientais como suporte ao planejamento e gestão de recursos hídricos: o caso da região autônoma dos Açores**. Sevilla: Anais do III Congresso Ibérico sobre Gestión y Planificación Del Água, Portugal, 2002.

ANDERSON, D. R.; SWEENEY D. J.; WILLIAMS T. A. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2003.

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2005.

BARRETO, M. L. **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BARROS, M. M. N.; **Incorporando a melhoria contínua em áreas de suporte visando à qualidade global em serviços: uma proposta de modelo para melhoria da qualidade nas ações das áreas de suporte**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Editora FGV, Rio de Janeiro, 2005.

CARLSON, R. E., *More complications in the chlorophyll-Secchi disk relationship*. *Limnology and Oceanography*. E.U.A, 1977.

CAMARGO, A. L. B. **Desenvolvimento sustentável: Dimensões e desafios**. Papirus – Campinas, São Paulo, 2003.

CAPRA, F. **A teia da vida**. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Cultrix, São Paulo, 1996.

CAPRA, F. **Palestra baseada em seu último livro: As conexões ocultas: a ciência para uma vida sustentável**. Fiep em 2004.

CSILLAG, J. M. **Análise do Valor**. Ed. Atlas, São Paulo, 1995.

CUNHA, F. L. S. J. **Indicadores de Sustentabilidade**. VIII ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, 09 a 11 de novembro de 2005.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B.. **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas**. Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent., v.3, n.4, Porto Alegre, 2002.

DONAIRE, D. **A Utilização do Estudo de Casos como Método de Pesquisa na Área da Administração**. Revista IMES, Ano XIV, nº40, 1997.

FENZL, N. **Estudo de parâmetros capazes de dimensionar a sustentabilidade de um processo de desenvolvimento. In Perspectiva do desenvolvimento sustentável: uma contribuição para a Amazônia 21**, cap. 1, p. 1-31., Belém: Universidade Federal do Pará/Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/UNAMAZ 1997.

FURTADO, J.S. **Indicadores Ambientais**. São Paulo, 2001.

GROVER, V. I. **Índices ambientais: Uma visão geral**. Revista Iswa Times, edição nº3, p.04, 2001.

GANDRA, J. J., CANÇADO, R. Z. L., RAMALHO, W. e FRÁGUAS, R. L.; **Um modelo de implantação de indicadores de desempenho ambiental**. . VIII ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - 09 a 11 de novembro de 2005, Rio de Janeiro, 2005.

HAMMOND, A. et. al. ***Environmental indicators: A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sd.*** Technical report, World Resources Institute, 1995.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável:Brasil 2004** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasil, 2004.

MALHEIROS, T. F.; ASSUNÇÃO, J. V. **Indicadores ambientais para o desenvolvimento sustentável: um estudo de caso de indicadores da qualidade do ar**. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – Trabalho VI-051. Porto Alegre: ABES, 2000.

MEGER, D. G. **Caracterização de material particulado inorgânico no reservatório do rio Passaúna.** Dissertação e mestrado – UNICENP, Curitiba, PR, 2007.

MERICO, L. F. K. **Proposta metodológica de avaliação do desenvolvimento econômico na região do Vale do Itajaí (SC) através de indicadores ambientais.** In.: Revista Dynamis, vol. 5, n. 19, Blumenau, 1997.

MOLINA O. L., FLORES M. A. L. **Metodología de diagnóstico para el desarrollo sustentable.** Revista del Centro de Investigación. Universidade La Salle, julho à dezembro, nº22, México, 2004.

MUELLER, C. C. **Situação da Atual da Produção de Informações Sistemáticas sobre o Meio Ambiente.** Ci. Inf. Brasília, 21.1992.

MUELLER, C. C. e TORRES, M. **Elementos para um Sistema de Indicadores Urbanos.** Versão Preliminar – novembro/1997.

OCDE, **Publicações, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômicos.** Paris, 1993.

PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation methods.** Beverly Hill, Sage, 1980.

PEIXEIRO, V. e BATISTA, T. **Os Indicadores Ambientais no Ordenamento do Território – SIAAP** (Sistema de Indicadores Ambientais de Apoio ao Planejamento). III Congresso Internacional de Ordenamento do Território, Espanha, 2001

QUIROGA M., R. **Estatísticas del médio ambiente em América Latina y el Caribe: avances y perspectivas.** CEPAL – SERIES Manuales, Chile, 2005.

RIBEIRO, A. L. **Indicadores de sustentabilidade para a Amazônia.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sócio-Ambiental) – Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Universidade Federal do Pará, Belém, 2000.

RIBEIRO, A. L.. **Sistemas, indicadores e desenvolvimento sustentável.** Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2000.

RIGBY, D.; HOWLETT, D.; WOODHOUSE, P. ***A review of Indicators of Agricultural and Rural Livelihood sustainability. The effects and institutional environment on natural resource management and investment by farmers and rural households in east southern Africa.*** Working Paper 1, 2000.

SANEPAR. **Relatório da APA do Passaúna.** Curitiba/Pr, 2001.

SIMCOX, A. C. e WHITEMORE, R. C.. ***Environmental Index for Assessing Spatial Bias in Watershed Sampling Networks.*** *Journal of environmental engineering, ASCE / june, 2004.*

THIEN S.; STARRETT S.; ROBEL R.; SHEA P.; GOURLA D.; ROTH C. ***A Multiple Index Environmental Quality Evaluation and Management System.*** USGA Green section record, março/abril, Manhattan, Kansas, 2001.

UNITED NATIONS – *World Commission on Environment and Development. Our common future (Brundtland Report).* London: Oxford University Press, 1987.

VIEIRAS, X; POULIQUEN, X.; SOTO, M. **12 Indicadores Ambientais. Galiza Insustentável.** Asociación para a Defensa Ecolóxica de Galiza(ADEGA), 2005.

www.mma.gov.br - Ministério do Meio Ambiente; acesso em 15/04/2006, às 14h.

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/defaulttab.shtm> - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; acesso em 15/04/2006; às 17h.

www.ambiente.maiadigital.pt/ambiente/indicadores - Portal do ambiente e do cidadão – Portugal; acessado em 01/08/2007, às 15h.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)