

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE
TUBARÃO (SC) ATRAVÉS DO USO DE INDICADORES
AMBIENTAIS**

**Dissertação apresentada a Universidade
Federal de Santa Catarina, como requisito
parcial para obtenção do grau de mestre
em Engenharia de Produção.**

RUI CÉSAR RUFINO

Florianópolis (SC), Maio de 2002

RUI CÉSAR RUFINO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE TUBARÃO (SC)
ATRAVÉS DO USO DE INDICADORES AMBIENTAIS**

Essa dissertação foi julgada adequada para a obtenção do grau de “Mestre em Engenharia”, especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Ricardo Miranda Barcia, Ph.D

Coordenador

Banca Examinadora:

**Prof. Sebastião Roberto Soares, Dr.
Orientador**

Prof. Gregório Varvakis Rados, Dr.

Prof. Willian Gerson Matias, Dr.

DEDICATÓRIA

A minha esposa Rosinete e minhas filhas Mariana e Isadora pela paciência que tiveram ao longo dos momentos que não pudemos compartilhar.

Ao meu pai Luiz, uma estrela no céu a iluminar meu caminho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof^o Dr. Sebastião Roberto Soares, pela dedicação na orientação deste trabalho;

Aos professores Gregório e Willian, membros da banca examinadora, pelas contribuições finais
ao trabalho;

A UFSC que proporcionou mais esta oportunidade de aperfeiçoamento pessoal;

A UNISUL pela oportunidade dada para realizar este trabalho.

Ao Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Tubarão pelo
fornecimento de dados e informações;

A minha família, pelo incentivo na realização deste trabalho;

Ao Grande Arquiteto do Universo, pelo dom da vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1- Objetivos	3
1.1.1 – Objetivo Geral.....	3
1.1.2 – Objetivos Específicos.....	3
1.2 – Delimitação do Escopo da Dissertação	3
1.3 – Premissa.....	4
1.4 - Justificativa	4
1.5 – Metodologia.....	6
1.5.1 – Revisão Bibliográfica.....	6
1.5.2 – Levantamento ambiental da área de estudo	6
1.5.3 - A Escolha de Indicadores	6
1.5.4 - A Montagem do Índice Ambiental	7
1.5.5 – Análise Comparativa.....	7
1.6 - Estrutura	7
II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 - O Desenvolvimento de Indicadores Ambientais	10
2.2 – Definição de Indicadores Ambientais	12
2.3 – Classificação de Indicadores Ambientais.....	14
2.4– Tipos de Indicadores Ambientais	16
2.5 – Sistemas de Indicadores Ambientais.....	18
2.5.1 – O Marco Conceitual Pressão-Estado-Resposta	19
2.5.2 - Critérios para Seleção de Indicadores Ambientais.....	24
2.5.3 – Uso de indicadores como ferramenta para a tomada de decisões ..	26
2.6 – Índices Ambientais	28
2.7 – Avaliação de cidades utilizando Indicadores/Índices	30
2.8 – Considerações sobre o uso de indicadores/índices ambientais	35
III – O ESTADO DO AMBIENTE EM TUBARÃO (SC)	37
3.1 - Localização	37
3.2 – Principais problemas ambientais de Tubarão.....	38
3.2.1 – A Qualidade do Ar.....	39
3.2.2 – Os Resíduos Sólidos.....	42
3.2.3 – A Qualidade das Águas.....	45
3.2.4 - O Uso do Solo e a Cobertura Vegetal.....	47

IV - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM TUBARÃO.....	52
4.1 – A Seleção dos Indicadores	53
4.1.1 - Indicadores de Pressão sobre o Meio Ambiente.....	55
4.1.1.1 - Resíduos sólidos produzidos.....	55
4.1.1.2 – Efluentes domésticos (esgoto) lançados no ambiente.....	57
4.1.1.3 – Consumo de água.....	60
4.1.2 - Indicadores de Estado do Meio Ambiente.....	63
4.1.2.1 - Cobertura Vegetal e Uso do Solo	63
4.1.2.2 - Índice de Qualidade da Água.....	65
4.1.2.3 – Indicador de Qualidade do Ar	70
4.3 – Montagem do Índice de Qualidade do Meio Ambiente - IQMA.....	75
4.4 – Análise Comparativa e Discussão dos Resultados.....	79
V - CONCLUSÕES	82
5.1 – Conclusões.....	82
5.2 - Recomendações.....	83
VI – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	85
ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Marco conceitual Pressão-Estado-Resposta proposto pela OECD.	20
Figura 02 - Componentes de Indicadores de Pressão.	22
Figura 03 - Componentes de Indicadores de Estado.	23
Figura 04 - Componentes de Indicadores de Resposta.	24
Figura 05 – Pirâmide de informação.	29
Figura 06 – Localização geográfica do município de Tubarão.	38
Figura 07 – Estações de monitoramento da qualidade do ar na região de Tubarão	41
Figura 08 - Mapa fitogeográfico da bacia hidrográfica do rio Tubarão.	49
Figura 09 - Gráfico relativo a redução gradativa da vegetação em Santa Catarina.	50
Figura 10 – Vista parcial do município de Tubarão (SC)	52
Figura 11 – Índice referente aos resíduos sólidos produzidos.	57
Figura 12 – Lançamento de esgoto doméstico no Rio Tubarão, no centro da Cidade.	58
Figura 13 – Índice referente aos efluentes domésticos lançados no ambientes.	59
Figura 14 – Rio Tubarão no centro do município de Tubarão.	62
Figura 15 – Índice relativo ao consumo de água do rio Tubarão.	62
Figura 16 - Área em regeneração na parte sul do município de Tubarão.	63
Figura 17 – Índice relativo a Cobertura Vegetal	65
Figura 18 – Local dos pontos de coleta de água.	68
Figura 19 – Índice relativo à qualidade das águas.	69
Figura 20 – Estação de monitoramento do ar do bairro Vila Moema no município de Tubarão.	73
Figura 21 – Índice relativo a qualidade do ar	74
Figura 22 - Índice de Qualidade do Meio Ambiente - IQMA	77
Figura 23 – Resultado do IQMA para o município de Tubarão.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Principais Critérios de Seleção e Requerimentos para a elaboração de Indicadores.....	25
Tabela 02 – Níveis de Sustentabilidade do ISB.....	34
Tabela 03 – Índice de Sustentabilidade de Blumenau.....	35
Tabela 04 – Predominância dos ventos no município de Tubarão.....	40
Tabela 05 – Monitoramento de SO ₂ e M. P. nas estações dos bairros Vila Moema e São Bernardo.....	42
Tabela 06 – Composição do lixo do município de Tubarão.....	44
Tabela 07 – Produção per capita de lixo em algumas cidades brasileiras.....	44
Tabela 08 - Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Tubarão.....	47
Tabela 09 – Proposta de indicadores de pressão-estado resposta para Tubarão.....	54
Tabela 10 - Forma de disposição e tratamento dos resíduos sólidos.....	56
Tabela.11.- Quantidade de resíduos sólidos recolhidos em Tubarão.....	56
Tabela 12 – Tipos de saneamento, em percentual, nos domicílios de Tubarão.....	58
Tabela 13. – Tipo de tratamento dado aos resíduos sanitários (esgoto) em Tubarão.....	59
Tabela 14 – Critérios para a avaliação da disponibilidade / demanda de água.....	61
Tabela 15 – Indicador de disponibilidade hídrica em estiagem $C/Q_{7,10}$	61
Tabela 16 – Classes de uso do solo para Tubarão.....	64
Tabela 17 – Índice de Qualidade da Água – I _{QA}	66
Tabela 18 – Parâmetros analisados pelo I _{QA}	67
Tabela 19 – Resultados do I _{QA} para rios de Tubarão.....	69
Tabela 20 – Índice de qualidade do ar.....	71
Tabela 21 – Adaptação para a montagem do Índice de qualidade do ar.....	74
Tabela 22 – Faixa de valores do IQMA.....	76
Tabela 23 – Importância dos indicadores/índices ambientais.....	76
Tabela 24 – Índice de Qualidade do Meio Ambiente de Tubarão – IQMA.....	78

RESUMO

Os indicadores permitem transmitir de maneira sintética a informação de caráter técnico e científico original, tornando compreensível fenômenos complexos quantificando-os para que possam ser analisados por diferentes segmentos da sociedade. Aplicando-os ao ambiente, permitem comparar entre sistemas, as pressões existentes, avaliar tendências ao longo do tempo de seu estado, bem como das respostas sugeridas por dirigentes e sociedade.

Proposto pelo Governo do Canadá e pela *Organization for Economic Cooperation and Development - OECD*, o marco analítico de Pressão-Estado-Resposta (P-E-R) é um modelo de sistema de indicadores ambientais utilizado cada vez mais em escala mundial, uma vez que consegue organizar a informação ambiental. Tal marco analítico implica mostrar que as atividades humanas ocasionam uma pressão sobre o meio ambiente, podendo afetar o seu estado, onde a sociedade deve responder com ações para reduzir ou prevenir os impactos negativos.

A proposta desta dissertação foi fazer uma avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) tendo como base o modelo analítico P-E-R, desenvolvendo uma série de indicadores que posteriormente foram agregados em índices de pressão ambiental e de estado do ambiente para finalmente serem transformado em um índice ambiental sintético colocado em uma escala de rendimento proporcionando uma informação geral sobre a qualidade ambiental na área de estudo.

ABSTRACT

The indicators allow to transmit the information of technical and scientific character original in a synthetic way, turning comprehensible complex phenomena quantifying them so that they can be analyzed by different segments of the society. Applying them to the environment, they allow to compare between several countries and areas, the existent global pressures, to evaluate tendencies along the time of your state, as well as of the answers suggested by governments and society.

Proposed by the Government from Canada and for Organization for Economic Cooperation and Development - OECD, the analytic mark of Pressure-State-Response (P-S-R) it is a model of system of environmental indicators used more and more in world scale, once it gets to organize the environmental information. Such an analytic mark implicates to show that the human activities cause a pressure on the environment, could affect your state, where the society should answer with actions to reduce or to prevent the negative impacts.

The proposal of this dissertation is to do an evaluation of the environmental quality of the municipal district of Tubarão (SC) basing in the analytic model P-S-R, developing to series of indicators that later were joined in index of environmental pressure and of state of the environment it goes finally they be transformed in the synthetic environmental index placed in the revenue scale providing to general information about the environmental quality in the municipal district in study.

I – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil tem experimentado um processo de urbanização desenfreada, bem como uma concentração da população e das atividades econômicas sobre o mesmo espaço, o que tem causado pressões sobre meio ambiente e a conseqüente alteração da qualidade ambiental dos municípios brasileiros, em virtude do modelo de desenvolvimento adotado.

As elevadas e crescentes taxas de urbanização observadas principalmente nas duas últimas décadas contribuíram de forma assustadora para o aumento da concentração da miséria e para a degradação dos recursos naturais, afetando de maneira negativa a qualidade de vida da população. A ausência ou carência de planejamento provocou sérios problemas ambientais, tais como, a poluição do ar e das águas, as enchentes, erosões e deslizamentos, a supressão da cobertura vegetal, que trazem conseqüências desastrosas ao dia a dia da população, principalmente, a de baixa renda.

Para a mudança desse cenário, a elaboração de uma estratégia para o fortalecimento da gestão ambiental ao nível municipal, com a criação de programas municipais de proteção ambiental e de políticas ambientais, torna-se de fundamental importância.

Desta maneira, a mudança para um novo modelo de desenvolvimento garantindo a conservação ambiental e obtendo-se a qualidade e o equilíbrio necessário ao meio ambiente, poderão ser conseguidos pelas organizações que se adaptarem as novas normas ambientais, que na busca da sustentabilidade apregoam a gestão correta dos recursos naturais, e a prática de novas estratégias com o objetivo de se adequarem aos critérios do chamado desenvolvimento sustentável (Bello, 1998).

De acordo com ECOCONSULT (1998), o conceito de desenvolvimento sustentável teve até o momento um valor prático muito pequeno, o que faz com que as atividades humanas continuem a produzir de modo desordenado e irracional em algumas áreas da Terra.

Um espelho desta situação pode ser observado na bacia hidrográfica do rio Tubarão, que constitui um exemplo de degradação ambiental, numa área rica em recursos naturais, onde o meio ambiente foi profundamente alterado pela ação antrópica. De acordo com Prefeitura Municipal de Tubarão (1997), nas últimas décadas, esta bacia foi palco de intensa exploração dos recursos naturais sem que, no entanto houvesse um planejamento para tal, o que acarretou numa queda drástica da qualidade ambiental devido às ações impactantes geradas ao longo da mesma.

Este fato contribuiu para que a região carbonífera do Estado de Santa Catarina fosse enquadrada através do Decreto Presidencial nº 85.206 de 25/09/1980, assinado no Município de Tubarão, como sendo a 14ª Área Crítica Nacional para fins de Controle de Poluição, devido à degradação ambiental causada principalmente pelas atividades ligadas a extração e beneficiamento de carvão (Santa Catarina, 1995).

Esta situação deve ser revertida e o município de Tubarão, inserido dentro deste contexto, deverá inicialmente desenvolver um Sistema de Indicadores Ambientais, que auxiliará na escolha de um modelo de gestão do ambiente para o município, desenvolvendo políticas ambientais que possam moldar, ou pelo menos, influenciar a ação do homem em relação à natureza, no processo de utilização do meio natural. Desta maneira o município, estará definindo ações e caminhando na busca de um modelo de desenvolvimento socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente correto.

O compromisso com o desenvolvimento sustentável será, nessa década e nesse novo século que se inicia, o grande desafio para muitas organizações que acreditam que este novo modelo de desenvolvimento é a chave para se conseguir a qualidade ambiental e a garantia de um meio ambiente saudável.

A agenda 21 Local, que foi preconizada pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio-92, sugere que as cidades e as comunidades desenvolvam indicadores apropriados para medir a qualidade ambiental e acompanhar os sinais por eles evidenciados que certamente mostram a presença ou ausência de boas condições ecológicas.

A construção de um Sistema de Indicadores Ambientais para o município de Tubarão, poderá, assim, ser uma valiosa contribuição para a construção da Agenda 21 Local, que internaliza nas políticas públicas as noções do desenvolvimento sustentável, pois de nada adiantará o desenvolvimento econômico se não houver no município qualidade de vida.

A avaliação da qualidade ambiental com o uso de indicadores ambientais ao mesmo tempo mostrará a qualidade real do meio ambiente no município como dará aos gestores municipais subsídios para a tomada de decisões.

1.1- Objetivos

1.1.1 – Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a qualidade ambiental do município de Tubarão - (SC), construindo para tal, um sistema de indicadores ambientais baseado no marco analítico pressão-estado-resposta.

1.1.2 – Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, alinham-se:

- Criar um sistema de indicadores ambientais que sejam facilmente compreensíveis e que possam refletir a real situação ambiental e dos recursos naturais do município;
- Levantar os principais problemas ambientais da área de estudo;
- Fornecer uma contribuição à Prefeitura Municipal de Tubarão, para avaliar anualmente a qualidade ambiental do município.

1.2 – Delimitação do Escopo da Dissertação

Para a elaboração deste trabalho delimitou-se a avaliação quatro elementos fundamentais da natureza: ar, água, solo e cobertura vegetal.

Considerou-se, então, informações referentes à produção e disposição de resíduos sólidos, consumo de água e sua disponibilidade, produção e tratamento de efluentes domésticos (esgoto), qualidade do ar e da água, uso do solo e cobertura vegetal.

Posteriormente elaborou-se indicadores/índices para se fazer uma avaliação da qualidade ambiental no município de Tubarão (SC).

1.3 – Premissa

Para avaliar a qualidade ambiental no município de Tubarão, partiu-se da premissa que esta esfera organizacional disponha de números e informações a respeito dos principais problemas ambientais da região, uma vez que não se pode fazer tal avaliação sem o conhecimento das pressões exercidas e o estado do ambiente do município.

1.4 - Justificativa

A questão ambiental conquistou, principalmente na última década do século XX, espaço relevante em todo o Planeta, influenciando em praticamente todos os ramos da atividade humana. Atualmente, os temas ambientais estão presentes no cotidiano de todos os segmentos da sociedade, do cidadão comum, das instituições governamentais, não-governamentais, dos partidos políticos e dos meios de comunicação de massa.

Essa grande onda verde não é um simples modismo. A grande difusão da questão ambiental adensa ao mesmo tempo problemas de cunho político, ético, cultural e sócio-econômico, que afetam a sociedade como um todo e que acabou atingindo em cheio aos municípios, aos quais foram atribuídos as maiores responsabilidades, deveres e direitos para a obtenção de uma vida melhor para os habitantes (Zulauf, 2000).

O modelo de desenvolvimento econômico adotado até o presente – baseado na exploração indiscriminada e devastadora da natureza e do inadequado gerenciamento das matérias-primas, pelas indústrias e do próprio processo produtivo – é insustentável.

Cabem aos governos constituídos, empresas e demais organizações, a adoção de ações concretas no sentido de economizar os recursos naturais, usufruindo-os sem, no entanto,

levar a exaustão, e sem transformar o meio ambiente, de modo que o torne impróprio a sobrevivência humana.

Desta maneira a mudança deste modelo de desenvolvimento garantindo a conservação ambiental e obtendo-se a qualidade e o equilíbrio necessário ao meio ambiente, poderão ser conseguidos pelas organizações que se adaptarem as novas normas ambientais, que na busca da sustentabilidade apregoam a gestão corretas dos recursos naturais, e a prática de novas estratégias com o objetivo de se adequarem aos critérios do chamado desenvolvimento sustentável (Bello, 1998).

O compromisso com o desenvolvimento sustentável será, nesse novo século que se ora se inicia, o grande desafio para muitas organizações que acreditam que este novo modelo de desenvolvimento é a chave para se conseguir a qualidade ambiental e a garantia de um meio ambiente saudável.

Este trabalho foi realizado, porque acredita-se que ele pode contribuir para um melhor conhecimento da situação ambiental da área de estudo, oportunizando a verificação do inter-relacionamento das atividades antrópicas e seus possíveis reflexos no meio ambiente.

A construção de um Sistema de Indicadores Ambientais para o município de Tubarão, permitirá ao Município o monitoramento de sua qualidade ambiental, podendo servir como uma importante ferramenta para a tomada de decisões. Além disso, poderá servir também, como subsídio para a construção da Agenda 21 Local, que foi preconizada pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio-92, que internaliza nas políticas públicas as noções do desenvolvimento sustentável.

A importância dessa dissertação reside no fato de existirem poucos trabalhos no Brasil, que tratam do uso de sistemas de indicadores ambientais para o município, podendo, servir, então, de uma base comparativa, em especial, para o município de Tubarão, avaliar o seu desempenho ambiental e verificar a eficiência das políticas públicas de meio ambiente no município.

1.5 – Metodologia

Para a consecução dos objetivos propostos, as seguintes etapas metodológicas foram consideradas:

1.5.1 – Revisão Bibliográfica

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica onde deu-se ênfase aos temas indicadores e índices ambientais, com um destaque para os sistemas de indicadores ambientais, e, em especial, para o marco analítico pressão-estado-resposta.

1.5.2 – Levantamento ambiental da área de estudo

O levantamento do estado do ambiente do município de Tubarão foi realizado baseado em informações obtidas junto a Prefeitura Municipal, órgãos públicos, como a Fundação do Meio Ambiente (FATMA), Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDM) e Fundação IBGE, e de empresas privadas.

Além disso, as informações foram complementadas, principalmente junto às dissertações de mestrado e de outros trabalhos já desenvolvidos na região e que relatam a problemática ambiental local. Isto contribuiu para um melhor conhecimento da área de estudo, e propiciou informações relevantes, para a montagem dos indicadores ambientais.

1.5.3 - A Escolha de Indicadores

A escolha de indicadores para a avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão, foi baseada no sistema de indicadores ambientais denominado Pressão-Estado-Resposta, proposto pela *Organization for Economic Cooperation and Development – OCED* e pelo trabalho realizado na Fundação Municipal do Meio Ambiente – FAEMA, de Blumenau – SC, para avaliar o Índice de Sustentabilidade de Blumenau - ISB.

A avaliação da qualidade ambiental de uma cidade poderia exigir dezenas de indicadores para atingir um mesmo objetivo o que poderia tornar confuso e pouco prático. A

seleção de indicadores recaiu sobre um número pequeno, porém, suficiente para evidenciar o alcance dos objetivos.

Desta maneira optou-se pela escolha de indicadores que de alguma maneira influenciam em quatro elementos fundamentais da natureza: ar, água, solo e cobertura vegetal, distinguindo indicadores de pressão ambiental e de estado do meio ambiente.

Estes indicadores foram agregados e transformados no Índice de Qualidade do Meio Ambiente (IQMA) para o município de Tubarão.

1.5.4 - A Montagem do Índice Ambiental

O índice de qualidade ambiental para o município de Tubarão considerou a agregação de indicadores de pressão e de estado, sintetizando a informação ambiental e qualificando a situação do ambiente do referido município.

1.5.5 – Análise Comparativa

Finalmente, foi realizada uma análise comparativa dos indicadores ambientais obtidos para o município de Tubarão, com os valores preconizados na legislação ambiental vigente no país.

Considerando que a legislação ambiental vigente estabelece como padrão valores sustentáveis para o controle do stress e da qualidade ambiental, as melhores e as piores situações ambientais serão consideradas de acordo com a proximidade dos padrões estabelecidos, bem como pelo comparativo dos valores estabelecidos por índices clássicos, como os índices de qualidade da água e do ar.

1.6 - Estrutura

O presente trabalho é composto de oito capítulos.

O primeiro capítulo corresponde à introdução onde são definidos os objetivos, é determinada a delimitação das atividades e são apresentadas a premissa, a hipótese, a justificativa, a metodologia e a estrutura desta dissertação.

No segundo capítulo faz-se uma revisão bibliográfica dando ênfase aos indicadores e índices ambientais, o marco analítico pressão-estado-resposta, bem como ao uso de indicadores com ferramenta para a tomada de decisões.

No terceiro capítulo aborda-se o estado atual do ambiente em Tubarão evidenciando a qualidade do ar e da água, os resíduos sólidos gerados, os ruídos, o uso do solo e a cobertura vegetal do município. Vários indicadores ambientais são listados para auxiliar na avaliação da qualidade ambiental no município.

No capítulo quatro descreve-se os indicadores que foram utilizados para compor o Índice de Qualidade do Meio Ambiente.

No quinto capítulo estarão listadas as conclusões e recomendações para futuros trabalhos.

Finalmente, no sexto capítulo, é elaborada a listagem do referencial bibliográfico utilizado na realização deste trabalho.

II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) conduziu a um consenso geral à cerca do chamado desenvolvimento sustentável, conceito este que passou a ser amplamente utilizado mundialmente.

Ao mesmo tempo cresceu entre as nações o interesse em verificar seu desempenho ambiental, bem como em implementar políticas ambientais voltadas ao desenvolvimento sustentável.

A ausência de informações confiáveis sobre o estado do ambiente tem sido um entrave para o perfeito planejamento das políticas ambientais, bem como de sua avaliação.

O desenvolvimento de indicadores e índices ambientais permitirá apresentar a população de modo acessível à informação de caráter técnico e científico.

Os indicadores ambientais são ferramentas imprescindíveis para o estudo da qualidade ambiental e das tendências das variáveis ambientais.

Portanto, o desenvolvimento de indicadores e índices ambientais poderá auxiliar na identificação de um determinado problema, apontar suas causas e orientar as ações sociais que poderão ser utilizadas para combater tal problema, possibilitando, aos gestores públicos uma ótima oportunidade para fazerem uma reavaliação das políticas ambientais adotadas.

2.1 - O Desenvolvimento de Indicadores Ambientais

De acordo com o Instituto Nacional de Ecologia (1997), o gênese do desenvolvimento dos conceitos sobre indicadores ambientais ocorreu em 1987, no Canadá e na Holanda.

Em 1989, por sugestão do Canadá, a Cúpula Econômica do Grupo dos Sete, organismo que congrega as nações mais ricas do mundo, solicitaram a *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)* para dar início aos trabalhos de construção de indicadores ambientais.

Na década seguinte, ocorrem grandes avanços no desenvolvimento de indicadores ambientais. Em janeiro de 1991, a *Environment Canada*, a agência ambiental canadense, publicou o conjunto preliminar de indicadores ambientais nacionais. Os temas escolhidos para se desenvolver os indicadores ambientais no Canadá estão de acordo com consultas realizadas entre especialistas e pessoas interessadas, com ou sem vínculo com o governo canadense, bem como a pesquisas de opinião e a análises bibliográficas.

Também em 1991, a OECD lança a publicação preliminar dos indicadores ambientais e o governo holandês, também faz a publicação dos indicadores mostrando a atenção que seu país dá aos problemas ambientais. Na Holanda tem se aplicado os indicadores ambientais principalmente no que se refere a temas globais, tais como a destruição da camada de ozônio, mudanças climáticas e chuvas ácidas.

Em 1992, aconteceu na cidade do Rio de Janeiro a Segunda Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, organizada pela ONU, em cuja declaração se propõe o desenvolvimento de indicadores ambientais.

A Divisão de Estatísticas das Nações Unidas, junto com o Programa de Nações Unidas sobre Meio Ambiente – PNUMA, convocam, em 1993, uma Reunião Consultiva de Especialistas em Indicadores Ambientais e de Sustentabilidade, para discutir os sucessos alcançados na área em questão por diferentes organismos. Neste mesmo ano, é divulgado no Canadá o conjunto completo de indicadores ambientais, sendo o primeiro de uma série que passaria a ser publicado periodicamente.

Em 1994, a OECD, publica seu conjunto central (*core set*) de indicadores ambientais; O Banco Mundial organiza uma oficina técnica procurando pontos comuns para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.

A OECD *apud* Instituto Nacional de Ecologia (1997), na publicação denominada *Environmental Indicators and Environmental Performance Review of the Netherlands*, de 1994, afirma que a construção e a divulgação periódica de indicadores de desempenho ambiental tem auxiliado a Holanda a seguir o rumo ao desenvolvimento sustentável e a aumentar o nível de consciência pública sobre os indicadores ambientais, auxiliando na tomada de decisões políticas e auxiliando no planejamento para minimizar as pressões sobre o meio ambiente.

Também em 1994, acontece em Aalborg, na Dinamarca, a Conferência Européia sobre Cidades Sustentáveis, que foi um marco importante para o desenvolvimento de conceitos e trabalhos relativos aos indicadores de sustentabilidade.

Alguns organismos internacionais tiveram especial participação no desenvolvimento de indicadores ambientais como a OECD, que tem acumulado experiências práticas não só na definição, harmonização e produção de indicadores ambientais, mas também na sua utilização como ferramenta analítica e de avaliação. Os indicadores ambientais são empregados sistematicamente pela OECD, na avaliação de desempenho ambiental como instrumento de apoio.

De acordo com a OECD (1996), a curto e médio prazo, espera-se avanços nos seguintes itens, referentes aos indicadores ambientais:

- Melhorar a qualidade e comparabilidade dos indicadores existentes;
- Buscar uniformidade nos indicadores publicados;
- Preencher os vazios existentes na medida do possível;
- Desenvolver com mais detalhes indicadores que sejam orientados para resultados e desempenho.

Avanços importantes, também, no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade foram conseguidos pela União Européia, que tem realizado grandes esforços para avaliar os níveis de desempenho ambiental das grandes cidades. Por isso, adota como

enfoque os ecossistemas para a gestão das cidades e ao mesmo tempo procurar desenvolver indicadores urbanos de sustentabilidade que são os alicerces das políticas ambientais e dos esforços de controle, em especial do monitoramento ambiental, impacto ambiental, contabilidade e sistemas de informações.

2.2 – Definição de Indicadores Ambientais

O vocábulo indicador é proveniente do Latim *indicare*, cujo significado é destacar, mostrar, anunciar, tornar público, estimar. Assim, os indicadores nos transmitem informações que nos esclarece uma série de fenômenos que não são imediatamente observáveis (Merico, 1997).

Luz et al. *apud* Cunha (2001), afirmam que os indicadores funcionam como uma radiografia que evidencia, numa determinada época, o desempenho do processo em questão.

Os indicadores são constituídos por duas unidades de medidas correlacionadas, utilizadas para verificar o desempenho de um dado processo. São parâmetros representativos de um processo permitindo, assim, sua quantificação, podendo trazer mudanças na cultura organizacional, logo, precisam ser bem definidos e acompanhados sistematicamente (Mendonça, 1997).

Um indicador é uma medida ou um valor derivado dessa medida que contem informações sobre padrões ou tendências em relação ao estado do ambiente, em atividades antrópicas, que afetam ou são afetadas pelo meio, ou sobre relações entre variáveis (EPA, 1995).

Os indicadores ambientais, para Khure (1998), devem estar aptos para revelarem os aspectos mais importantes de uma organização, como os impactos e os efeitos. Assim, deve-se fazer a opção por indicadores ambientais que possam quantificar esses aspectos.

A norma ISO 14001 exige que um determinada organização desenvolvam objetivos e metas específicas e mensuráveis, ao mesmo tempo, faz a cobrança no sentido de que as organizações avaliem e aperfeiçoem o seu sistema de gerenciamento ambiental – SGA. A avaliação do desempenho ambiental (ADA), é uma ferramenta para alcançar essas metas (Tibor & Feldman, 1996).

Para Tibor & Feldman, *op cit.*, os indicadores de desempenho ambiental são “uma descrição específica de uma avaliação de desempenho dentro de uma área de avaliação”.

A ISO/FDIS (1998), descreve duas categorias gerais de indicadores ambientais para a avaliação de desempenho ambiental: os indicadores de desempenho ambientais, que fornecem informações sobre o desempenho ambiental de uma organização e, os indicadores de desempenho de gerenciamento, que fornecem informações sobre a capacidade da organização e os esforços do gerenciamento.

Cunha (2001), avaliando o desempenho ambiental de uma indústria de processamento de alumínio, em Tubarão (SC), concluiu que os melhores indicadores para avaliar o desempenho ambiental do sistema operacional, para resíduos gerados, reciclados e consumo de água e energia no processo produtivo, eram os indicadores de desempenho ambiental.

Para Adriaanse (1993), os indicadores têm como objetivo simplificar, quantificar, analisar e comunicar. Logo, conseguem quantificar e tornar compreensível por vários segmentos da sociedade, fenômenos complexos.

De acordo com Alfaro & Oyague (1997), os indicadores ambientais refletem o estado do meio ambiente e relacionam as pressões impostas pelas diversas atividades econômicas sobre a qualidade dos componentes do meio ambiente e as respostas elaboradas pela sociedade para combater tais pressões.

Estes indicadores são conjuntos de variáveis relacionadas de um banco de dados, que possuem significado sintético e permitem atender a propósitos específicos. Devido à inexistência de um conjunto de indicadores que sejam aceitos universalmente e considerando a natureza dinâmica dos mesmos, trata-se de conjuntos variáveis no tempo e que respondem a marcos de referência e propósitos específicos de estudo.

Merico (1997), salienta 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 rumo ao desenvolvimento sustentável. Para tanto, os indicadores ambientais deverão possuir capacidade de síntese, estando, então, alicerçado em informações confiáveis e que possam ser comparados; relacionar os problemas com as políticas ambientais a serem definidas e, por último, necessitam ser facilmente compreensível e acessível à população, melhorando a comunicação direcionando a evolução para o caminho da sustentabilidade.

De acordo com Instituto Nacional de Ecología (1997), os indicadores ambientais, são estatísticas ou parâmetros que proporcionam informações e/ou tendências das condições dos fenômenos ambientais. Seu significado vai além da estatística por si só, pois procura abastecer de informações que permitam ter uma idéia do grau de eficiência das políticas ambientais, ou seja, do desempenho ambiental.

É comum a representação dos indicadores através de tabelas ou gráficos, que podem ser contemplados pela utilização de mapas e textos complementares.

Portanto, segundo Díaz-Moreno (1999), os indicadores ambientais são considerados conceitos instrumentais que devem estar agregados a objetivos sociais e, portanto torna-se necessário a colaboração de cientistas e técnicos, que analisam os dados ambientais, bem como de políticos e instituições que deles se utilizam para propor políticas ambientais oportunas.

Os indicadores ambientais são utilizados, segundo Alfaro & Oyague (1997), especialmente para auxiliar a integração das questões ambientais as políticas setoriais, a avaliação do desempenho ambiental, a integração das questões ambientais nas políticas econômicas em geral e a elaboração de informações sobre o Estado do Ambiente.

A importância dos indicadores ambientais está relacionada ao fato de poderem proporcionar aos tomadores de decisão e a população em geral uma importante ferramenta que gera informações concisas e com bases científica, de modo que possa ser entendida e facilmente utilizada (Instituto Nacional de Ecología, 1997).

2.3 – Classificação de Indicadores Ambientais

A seleção de variáveis ambientais e a síntese e integração de tais variáveis para auxiliar na quantificação do impacto de uma ação, tem sido um dos principais problemas para o processo da avaliação ambiental. A flexibilidade auxilia na compreensão dos critérios adotados para a seleção das variáveis ambientais que serão utilizadas como indicadores, bem como o grau de dependência e influência entre estes parâmetros. Os elementos ambientais apresentam inúmeras interrelações, por esse motivo deve-se tratar o problema partindo do uso de indicadores individuais, possam acusar mudanças na qualidade de um sistema que sua agregação, oportunize sua comparação e interação para avaliar o nível de interação no conjunto (Giraldo, 1999).

Segundo Giraldo (1999), o Instituto de Recursos Internacionais (WRI), propõe para a escolha dos indicadores, a divisão em três tipos:

- os que analisam a oferta ambiental: permitem detectar a existência de recursos.
- os que analisam a sensibilidade ou vulnerabilidade ambiental: acusam os processos de degradação ambiental.
- os que analisam a produção: estabelecem os problemas de rendimento quando são analisados os processos naturais com base em recursos naturais.

Devido às singularidades de cada região, as características ecossistêmicas e antrópicas são diferentes, não se pode falar em indicadores universais. Considerando-se as características dos indicadores pode-se estabelecer uma ordem hierárquica, dividindo-os em níveis distintos:

- *Indicadores de Terceiro Nível*: consideram-se como subcomponentes do sistema ambiental. São macroindicadores: abióticos, bióticos e sócio-econômicos;
- *Indicadores de Segundo Nível*: estabelecem padrões de importância na área estudada e agrupam indicadores específicos de primeiro nível, sendo conhecidos como os diferentes meios de cada um dos subcomponentes. São indicadores de segundo nível: meio geológico, meio geomorfológico, meio climático, meio edáfico, meio hidrológico, vegetação, fauna, meio social, meio econômico meio cultural, meio demográfico, meio paisagístico.
- *Indicadores de Primeiro Nível ou Específicos*: trata-se de indicadores quantificáveis, que se caracterizam por determinar padrões especiais e funcionais dos ecossistemas, definindo unidades ecológicas e de paisagem. Estes indicadores devem ser submetidos a análise de influência-dependência, a fim de identificar quais são os mais importantes e quais são os mais vulneráveis dentro do ecossistema.

Os indicadores podem ser classificados, também de acordo com o uso que o homem faz do meio natural. Assim, tem-se:

Indicadores Fontes: meio como fonte de bens e serviços. Ex.: reservas de bosques, reservas de água, taxa de extração, reservas minerais.

Indicadores Sumidouros: meio como local de descarga de contaminantes. Ex.: emissão de contaminantes, quantidade de resíduos sólidos, eutrofização, carga de DBO.

Indicadores de Suporte ou de Acolhida: meio como local onde se realizam as atividades minerais, agropecuárias e industriais. Ex.: capacidade de renovação, uso potencial do solo, biodiversidade.

2.4– Tipos de Indicadores Ambientais

De acordo com Giraldo (1999), o sistema para se fazer a classificação dos indicadores, baseia-se na informação de que um indicador é uma única característica ou uma manipulação matemática de diversas variáveis ambientais.

Assim pode-se citar os seguintes tipos de indicadores ambientais:

- *Indicadores Geológicos e Geomorfológicos:* chamados de geoindicadores, são definidos como magnitudes e tendências dos processos geológicos e fenômenos que acontecem num intervalo de tempo de um século, ou menos, na superfície terrestre, sujeitos a variações de importância para compreender as rápidas mudanças ambientais. Os geoindicadores avaliam a influência dos processos geológicos sobre o homem e vice-versa. Podem ser classificados em geoindicadores geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrogeológicos.

- *Indicadores Físico-Químicos:* são utilizados para avaliar as condições físico-químicas da água podendo ser utilizadas para algumas medições do solo e do ar. Pode-se citar: DBO, DQO, matéria orgânica, temperatura cor, turbidez, sólidos totais, metais, condutividade, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, entre outros.

- *Indicadores Hídricos:* esses indicadores são variáveis abióticas que indicam um processo ou estado do ecossistema aquático, caracterizando-o através de variáveis físico-químicas e suas variações espaço-temporais. Podem ser: correntes, nível da água, oxigênio, temperatura, profundidade, uso do recurso hídrico, qualidade do rio tratamento de dejetos.

- *Indicadores Climáticos*: indicam variações das condições atmosféricas no que diz respeito a composição e presença de determinadas substâncias contaminantes, além de incluir, também, as variáveis do tipo meteorológicas. Estão incluídos: precipitação, temperatura, umidade relativa, ventos, evapotranspiração, balanço hídrico, classificação climática, emissões atmosféricas, qualidade do ar, variações no nível de ruídos, emissões de CO₂, SO_x e NO_x.

- *Bioindicadores*: trata-se de variáveis biológicas, ecológicas, espécies, ou populações que ao darem respostas as mudanças de um gradiente físico-químico, mostram um grau de tolerância, ou então, entra em condições de resistência, stress ou morte. Um organismo indicador é escolhido por sua sensibilidade ou tolerância a várias classes de contaminantes ou a seus efeitos. Podem ser citados: fitoplâncton, bentos, macrófitas aquáticas, peixes, macroinvertebrados litorâneos, biodiversidade, biomassa, espécies raras, espécies endêmicas, espécies em perigo de extinção, indicadores de desmatamento, usos do recurso fauna, áreas protegidas, entre outros.

- *Indicadores bacteriológicos*: indicam a presença ou a ausência de microorganismos patogênicos. Podem ser: coliformes fecais, coliformes totais, streptococos fecais, mesófilos aeróbios, mesófilos anaeróbios.

- *Indicadores edafológicos*: indicam as condições ambientais dos solos. Pode-se citar: aptidão de uso, classificação agroedafológica, características físico-químicas, cobertura vegetal, superfícies afetadas por qualidade, erosão, uso de fertilizantes.

- *Indicadores paisagísticos*: indicam o aspecto estético e cultural de um determinado local. Citam-se: contrastes cromáticos, vista panorâmica, ângulo de incidência visual.

- *Indicadores Sociais*: indicam o nível de desenvolvimento de uma determinada região. Podem ser citados: núcleos populacionais urbanos e rurais, educação, saúde, moradia, serviços básicos, atividades agrícolas, pecuárias, minerais, organizações comunitárias, sítios arqueológicos, população, crescimento econômico, entre outros.

2.5 – Sistemas de Indicadores Ambientais

Um sistema de indicadores ambientais define os temas e os parâmetros que são prioridades para fazer a avaliação do desempenho ambiental.

No campo da gestão ambiental é indiscutível a vantagem que se tem em trabalhar com informações que retratem a situação. Porém, a infinidade de informações ambientais hoje existentes e a necessidade de se dispor de dados confiáveis como apoio para tomada de decisões, torna imprescindível a construção de um sistema para seu manejo e difusão.

Segundo Manteiga (2000), a identificação de indicadores como instrumento capaz de agregar informações ao modelo de desenvolvimento de políticas ambientais é insuficiente. Estas informações devem ser organizadas a fim de dar respostas a requerimentos concretos, ou seja, há a necessidade de se construir sistemas de indicadores ambientais.

A necessidade de se construir um Sistema de Indicadores Ambientais, de acordo com a OECD (1994), tem duas justificativas:

- Necessidade de se ter uma melhor informação sobre o estado do meio ambiente;
- Redução da informação estatística a uns poucos parâmetros.

Embora exista uma grande demanda de informação estatística sobre o meio ambiente e um avanço tecnológico significativos para se coletar estas informações tem se chegado a um paradoxo de se possuir muitas informações, porém de isentas de quaisquer tipo de sistematização, e, sobretudo de concreção, o que tem impedido de ser utilizado pelos agentes interessados no assunto (Díaz-Moreno, 1999).

Por mais que pareça ser antagônico, a construção de um Sistema de Indicadores Ambientais, apresenta um caráter de duplicidade, ou seja, de melhorar as informações e simplificá-la, para que possa ser utilizada por cientistas, instituições públicas e pela população em geral (Díaz-Moreno, 1999).

O fato de que algumas instituições e países estarem procurando desenvolver seus próprios modelos básicos de indicadores ambientais, deve-se, na opinião de Díaz-Moreno (1999), a essa condição de duplicidade dos Sistemas de Indicadores Ambientais.

Para o Ministério de Medio Ambiente *apud* Díaz-Moreno, 1999, os indicadores ambientais devem ser agregados em índices mediante um processo de ponderação que deve ser especificado, já que estes índices passaram a compor o Sistema de Indicadores Ambientais. Estes sistemas de informação ambiental são mais abrangentes que um grupo de indicadores ambientais, uma vez que cada indicador está relacionado a um problema ambiental em particular, já por sua vez Sistema de Indicadores Ambientais responde a um interesse social genérico e de totalidade, como a sustentabilidade do desenvolvimento, por exemplo.

De acordo com Manteiga (2000), se os indicadores ambientais constituem um valor referente a um determinado fenômeno, capaz de oferecer uma quantidade de informações superior a da emanada da simples configuração do parâmetro, então, um Sistema de Indicadores Ambientais deve apresentar um significado bem mais amplo que o associado a cada um dos indicadores.

Os indicadores ambientais são as células do sistema de indicadores, portanto torna-se imprescindível fixar com clareza as relações necessárias para dar operacionalidade ao conjunto. Neste trabalho é preciso o estabelecimento do objetivo concreto do sistema de indicadores (Manteiga, 2000).

2.5.1 – O Marco Conceitual Pressão-Estado-Resposta

Um marco conceitual é aquele que proporciona uma maneira ou modelo de categorizar e organizar informações a respeito de um determinado tema (Winograd, 1996).

A informação que se utiliza na montagem dos indicadores ambientais são as mais variadas, portanto torna-se necessário possuir um marco conceitual que permita estruturar a informação ambiental, tornando-a mais acessível e compreensível.

O marco que tem logrado mais êxito, de acordo com Díaz-Moreno (1999), é o elaborado pela OECD, baseado em experiências desenvolvidas no Canadá, que tem sido considerado como o mais simples e suficientemente geral para que sirva como alicerce para a construção de qualquer Sistema de Indicadores Ambientais. É o marco denominado de Pressão-Estado-Resposta, que sem dúvida o mais utilizado na atualidade.

O modelo Pressão-Estado-Resposta está enquadrado nos chamados sistemas de informação ambiental, que trata de um sistema de armazenamento de informação ambiental de múltiplas fontes, servindo de base para a elaboração de políticas de gestão ambiental estatal e privada.

Winograd (1996), também atribui o amplo uso deste marco conceitual a sua simplicidade, facilidade de uso e a possibilidade de ser aplicado a diferentes níveis, escalas e atividades humanas.

O sistema Pressão-Estado-Resposta (Figura 01), está fundamentado em uma rede de causalidade onde se acredita que as atividades humanas originam pressão sobre o meio ambiente (indicadores de pressão) que por sua vez interferem no meio alterando a qualidade e a quantidade dos recursos naturais (indicadores de estado), devido a isto, produz-se uma resposta que tende a minimizar ou anular esta pressão (indicadores de resposta) (Manteiga, 2000).

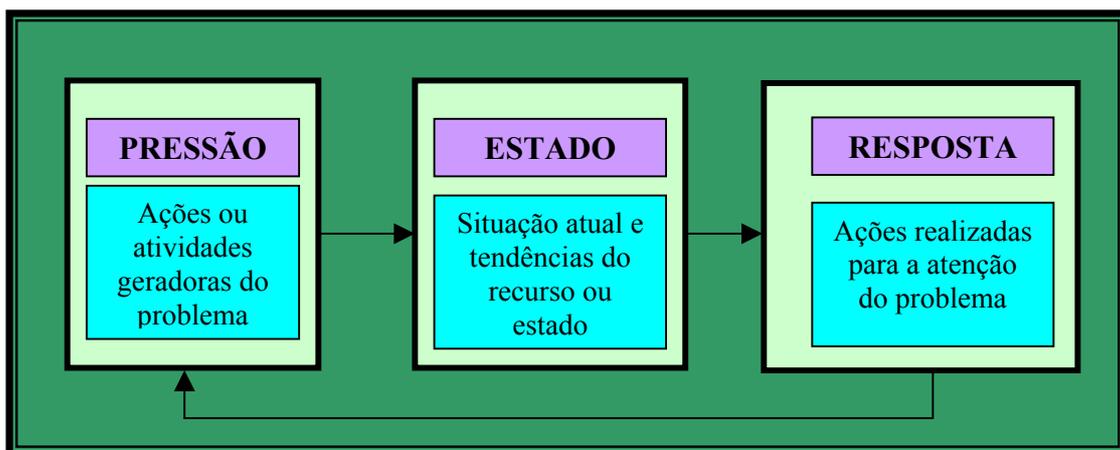


Figura 01 – Marco conceitual Pressão-Estado-Resposta proposto pela OECD.

Fonte: Instituto Nacional de Ecología (1997).

De acordo com Instituto Nacional de Ecología (1997), o marco conceitual Pressão-Estado-Resposta está baseada em uma lógica de causalidade, pressupondo relações de ação e resposta entre a atividade econômica e o meio ambiente, se originando de um questionamento simples:

- Quem está afetando o meio ambiente?
- Qual é o estado atual do meio ambiente?

- O que estamos fazendo para mitigar ou resolver os problemas ambientais?

A cada uma dessas questões se responde com um conjunto de indicadores.

Então, torna-se necessário o desenvolvimento de três classes de indicadores ambientais que refletem tais questões:

2.5.1.1 – Indicadores Ambientais de Pressão

São indicadores que descrevem as pressões exercidas sobre o meio ambiente pelas atividades humanas, como é o caso das emissões gasosas, e sua evolução no decorrer do tempo.

Para Alfaro & Oyague (1997), os indicadores de pressão identificam e caracterizam os impactos que proporcionam as atividades econômicas setoriais ou agregadas, sobre os componentes do meio ambiente, que definem como Assuntos ou Problemas Ambientais, como mudanças climáticas e a destruição da camada de ozônio.

Por sua vez, Merico (1997), salienta que de uma maneira geral os indicadores de pressão apresentam maior eficiência e eficácia na avaliação de políticas econômicas/ambientais, pois estão baseados em medidas e estimativas do comportamento atual, desta forma podem evidenciar possíveis situações das políticas estabelecidas. Portanto podem ser muito úteis na avaliação prospectiva dos impactos ambientais dos cenários sócio-econômicos e de medidas propostas.

De acordo com Instituto Nacional de Ecología (1997), os indicadores de pressão são classificados em dois grupos: de pressão direta e de pressão indireta. Os indicadores de pressão direta são aqueles vinculados as externalidades geradas pelas atividades humanas (Figura 02.), como por exemplo, o volume de resíduos produzidos, o esgotamento dos recursos naturais, as emissões de contaminantes atmosféricos, entre outros aspectos. Os indicadores de pressão indireta estão vinculados as tendências nas atividades que geram externalidades ambientais, como, por exemplo, a concentração de metais pesados na água ou de um determinado gás na atmosfera. Esta classe de indicadores de pressão indireta é de muita importância uma vez que proporcionam elementos para se fazer às previsões quanto a evolução dos problemas ambientais.

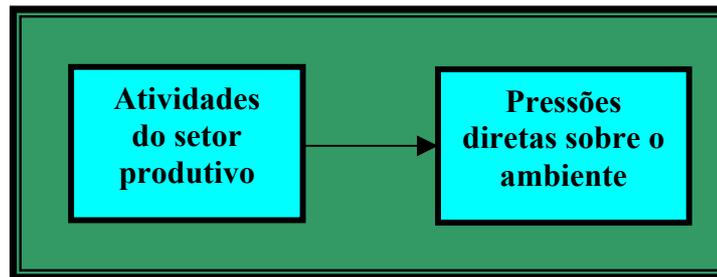


Figura 02 - Componentes de Indicadores de Pressão.

Fonte: Instituto Nacional de Ecología (1997).

Giraldo (1999), por sua vez acrescenta mais uma categoria de indicadores de pressão, os indicadores de pressões subjacentes, que incluem as forças sociais e demográficas, capazes de ocasionar pressões biofísicas diretas no meio. Pode-se citar como exemplo o crescimento populacional, as alterações tecnológicas e políticas que incentivam atividades econômicas.

2.5.1.2 – Indicadores de Estado do Meio Ambiente

Os indicadores de estado do descrevem a qualidade do meio ambiente, bem com a quantidade e o estado dos recursos naturais, como, por exemplo, a qualidade da água de um determinado manancial, obtida através do IQA (índice de qualidade da água). Desta forma estes indicadores oferecem um panorama da situação do meio ambiente.

De acordo com Instituto Nacional de Ecología (1997) os indicadores de estado incluem os efeitos à saúde da população e aos ecossistemas causados pela diminuição da qualidade ambiental (Figura 03).

Os indicadores de estado refletem os parâmetros que podem constituir-se em objetivos das políticas ambientais.

Às vezes, os indicadores de estado do meio ambiente, podem-se confundir com os indicadores ambientais de pressão, sendo que em algumas situações, é comum utilizá-los como substitutos (Díaz-Moreno, 1999).

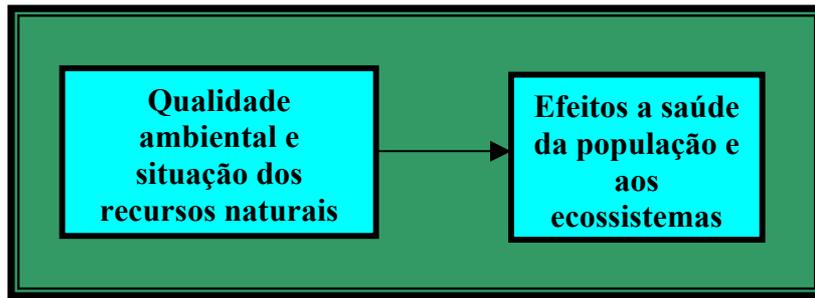


Figura 03 - Componentes de Indicadores de Estado.

Fonte: Instituto Nacional de Ecología (1997).

2.5.1.3 – Indicadores de Resposta Social

Estes indicadores indicam os esforços que a sociedade e/ou as autoridades estão fazendo com intuito de mitigar, adaptar ou prevenir quanto aos impactos adversos sobre o meio ambiente que foram produzidos pelas atividades sócio-econômicas.

Estas respostas podem ser medidas em termos de mudanças ou gastos com propósitos ambientais, bem como em atitudes individuais ou coletivos visando a proteção do ambiente.

Os indicadores de resposta social, encontram-se na forma embrionária do seu desenvolvimento uma vez que são muito complexos para se construir e de medir quantitativamente como uma ação de resposta pode contribuir para o desfecho de um determinado problema ambiental (Instituto Nacional de Ecología, 1997).

Além disso, Díaz-Moreno (1999), alerta que determinados tipos de indicadores de pressão podem revelar de alguma maneira certas respostas sociais aos problemas ambientais.

As ações de resposta são direcionadas sobre dois aspectos, ou seja, os agentes de pressão e as variáveis de estado (Figura 04)

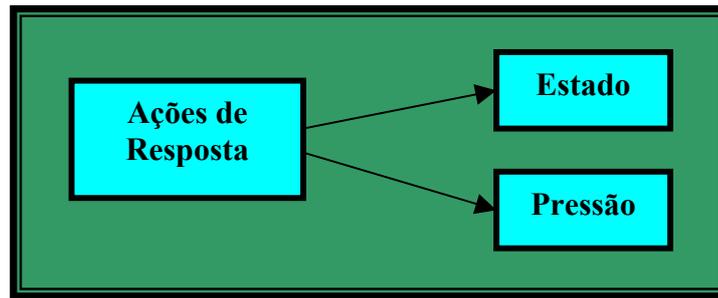


Figura 04 - Componentes de Indicadores de Resposta.

Fonte: Instituto Nacional de Ecología (1997).

2.5.2 - Critérios para Seleção de Indicadores Ambientais

Segundo Giraldo (1999), os indicadores tem sido utilizado por diversos organismos e instituições voltados as causas ambientais com os mais diversos objetivos, entre eles o mapeamento, a avaliação ambiental, o monitoramento do estado do meio ambiente com relação ao desenvolvimento sustentável. Os indicadores podem ser utilizados para medir uma área rural com uma qualidade ambiental ótima, assim como para se fazer a avaliação de políticas ambientais.

De acordo com Winograd (1995), existe um rol de pontos comuns no que diz respeito à elaboração da informação ambiental. Embora a seleção e o desenvolvimento indicadores ambientais e de sustentabilidade faz-se necessário um processo de prioridade, este é resultado da definição de um marco para organizar as mais variadas fontes de dados. Com isso consegue-se aprimorar o acesso a as diversas informações que existem, e que geralmente são dispersas, integrando os dados para interpretar a informação identificando as conexões, inter-relações e efeitos sinérgicos entre problemas.

Várias etapas são necessárias para a utilização deste marco como base de um sistema de indicadores e informação ambiental operativo. Estas etapas são a coordenação de obtenção e difusão de dados, as ferramentas e meios para sintetizar e visualizar a informação e indicadores para os diferentes usuários e o conjunto de critérios de seleção de indicadores (Winograd, 1996).

Winograd (1996), salienta que existe um conjunto de critérios que podem ser aglutinados em três grupos básicos para se fazer à seleção de indicadores:

- Confiabilidade dos dados;
- Relação com os problemas e prioridades;
- Utilidade para o usuário.

Além disso, uma série de requerimentos específicos associados a cada um desses grupos deverão ser levados em conta para a elaboração e uso dos indicadores (Tabela 01).

Tabela 01 – Principais Critérios de Seleção e Requerimentos para a elaboração de Indicadores.

Confiabilidade dos Dados	Relação com os Problemas	Utilidade para o Usuário
Validade Científica Medição	Representatividade Conveniência de Escala	Aplicabilidade Sem redundância
Disponibilidade	Cobertura Geográfica	Compreensibilidade e Interpretabilidade
Qualidade	Sensibilidade as Mudanças	Valor de Referência
Custo-Eficiência de Obtenção	Especificidade	Retrospectivo-Preditivo
Séries Temporais Acessabilidade	Conexão	Comparabilidade Oportunidade

Fonte: Winagrod, 1996.

Para o Instituto Nacional de Ecología (1997), a relevância da mensagem que um indicador pode transmitir está atrelada à qualidade dos dados que o sustentam, logo, é essencial que se estabeleçam certas normas para garantir que a informação possua a confiabilidade que se deseje. Estas normas aplicáveis à seleção de indicadores dependerão dos objetivos que se pretenda alcançar. A OECD, por exemplo, propõe o seguinte delineamento:

Requisitos que deve cumprir um indicador ambiental

- Proporcionar uma visão da situação ambiental, pressões ambientais e respostas sociais;
- Ser simples, de fácil interpretação e capaz de revelar tendências através do tempo;

- Ser aplicável, conforme o caso, em escala nacional ou regional;
- Proporcionar uma base para comparações internacionais;
- Deverão existir padrões de referência para comparar o valor do indicador, facilitando assim sua interpretação em termos relativos.

CrITÉRIOS tÉCNICOS DESEJÁVEIS

- Deve ter congruência teórica e consistência científica;
- Deve basear-se em consensos internacionais;
- Deve ser capaz de relacionar-se com modelos econômicos.

DADOS UTILIZADOS PARA CONSTRUIR INDICADORES

- Deve ser geral com uma razoável relação custo/benefício;
- Ser de qualidade, com dados confiáveis;
- Poder ser atualizados periodicamente.

Porém, a respeito dos indicadores, é importante que se tenha em mente, que eles não são perfeitos, não são medições totais e diretas da realidade e deve-se acreditar que são equivalentes a um gráfico ou a uma estatística.

2.5.3 – Uso de indicadores como ferramenta para a tomada de decisões

Segundo Winagrod (1995), o processo para a tomada de decisões é idêntico ao desenvolvimento, pois, tratam-se de processos dinâmicos. Ambos levam em consideração diferentes estratos de decisão da sociedade e resultando em diferentes considerações de ordem cultural, sócio-econômico, institucional, político e ambiental.

Ainda, de acordo com Winagrod (1995), são definidas quatro etapas principais no ciclo de tomada de decisões:

- *A identificação dos problemas*: identificar e conhecer os problemas e as prioridades socio-econômicas e ambientais de forma que se possa elaborar um diagnóstico da situação

permitindo a construção de modelos de desenvolvimento mais sustentáveis. Para isso é essencial dispor de informação a respeito do estado do ambiente e de indicadores de tipo descritivo, que resumam um conjunto de situações e medidas individuais para os mais diversos tipos de problemas.

- *Formulação de políticas e estratégias*: após a identificação dos problemas deverão se formular as políticas e estratégias que precisam de uma integração multissetorial uma vez que os problemas ambientais e de desenvolvimento possuem causas e conseqüências múltiplas envolvendo questões ambientais e sócio-econômicas. Nessa etapa deverão ser utilizados, além de indicadores descritivos, indicadores agregados que permitam fazer a relação entre setores e problemas produzindo e comunicando informações úteis para a produção de políticas e estratégias.

- *Implementação das políticas e ações*: estabelece um marco amplo de metas políticas que estão relacionadas com os objetivos e normas científicas a serem cumpridas e/ou adaptadas às etapas anteriores do ciclo de tomada de decisões. Nessa etapa deveria ser elaborado um conjunto de indicadores agregados a índices associados a objetivos e metas gerais.

- *Avaliação das políticas, estratégias e ações*: esta etapa se refere a avaliação da efetividade e do impacto das políticas, estratégias e ações adotadas.

A produção de informação para a tomada de decisões, de acordo com Hammond *et al.* (1995), resulta num processo de síntese e agregação em diferentes etapas. A construção da informação deverá ser realizada em função das diferentes etapas do processo de tomada de decisões que resulta na elaboração de uma metodologia de seleção determinada. No processo de elaboração de informação que tenha utilidade para as tomadas de decisões a construção e a busca de dados, estatísticas e o monitoramento são elos de fundamentais importâncias.

O desenvolvimento de indicadores e índices, originários do monitoramento e da análise de dados primários e de estatísticas, contribui para a implementação e a aplicação das ações e estratégias bem como de suas avaliações (Winograd, 1995).

Merico (1997), comenta que os indicadores para ter utilidade no processo de tomada de decisões, deverão ser facilmente interpretáveis e possuírem capacidade de agregação com indicadores e componentes diversos, possibilitando a construção de índices, que tornariam as informações rapidamente absorvíveis.

Finalizando, por ser a tomada de decisão um processo dinâmico novos problemas poderão aparecer e as etapas citadas por Winograd (1995), deverão ser novamente redefinidas, identificando os novos problemas, para a definição de políticas, implementação de estratégias e ações e uma nova verificação das ações tomadas e das respostas produzidas.

2.6 – Índices Ambientais

Os índices, de acordo com Mendonça (1997), constituem os resultados numéricos de um indicador.

Os índices correspondem a um conjunto agregado ou com valores outorgados, de parâmetros ou indicadores que relatam ou demonstrem uma situação (OECD, 1993).

Bakkes *apud* Winograd (1996), define um índice como sendo o resultado da combinação de diversas variáveis ou parâmetros em um único valor atribuindo-se um peso relativo a cada componente do índice.

Os índices são construídos pela composição ou agregação de indicadores, que podem ser um ou mais, mediante vários modelos de funções matemáticas ou regras heurísticas. Pressupõe-se sempre a padronização tendo em vista a utilização de uma escala convencional (Melo, 1996).

De acordo com *Environmental Protection Agency - EPA* (1995), o índice é resultado da junção de estatísticas e/ou indicadores que sintetizam uma grande quantidade de informação relacionada e que faz uso de um dado processo sistemático para atribuir pesos relativos, escalas e agregação de variáveis em um único resultado.

Um índice ambiental é uma classificação numérica ou descritiva de um grande volume de informação ambiental, cuja finalidade é de realizar a simplificação desses dados facilitando a tomada de decisões relativas a questão ambiental. Um índice ambiental resulta de uma manipulação matemática de um grupo de valores de indicadores que foram definidos em relação a um determinado padrão. Os índices refletem de maneira sintética a situação ambiental do meio ou seu grau de sustentabilidade (Giraldo, 1999).

Assim, de acordo com Gouzee at al. *apud* Direcção Geral do Ambiente (2000-b), os indicadores e os índices ambientais podem ser visualizados como fazendo parte de uma pirâmide, cuja base é constituída pela informação original não tratada (Figura 05).



Figura 05 – Pirâmide de informação.

Fonte: Direcção-Geral do Ambiente, 2000.

Ao longo dos anos, os índices ambientais têm sido usados em diversas áreas de atividades. Diferente dos estudos econômicos onde as informações podem ser reduzidas a unidades monetárias, os estudos ambientais podem ser identificados por um grande volume de informações com diferentes significados e unidades de medidas (Melo, 1996).

De acordo com Giraldo (1999), para se fazer uma avaliação ambiental, os índices ambientais podem ser utilizados para:

- Sintetizar os dados ambientais existentes;
- Repassar as informações sobre a qualidade do meio ambiente afetado;
- Avaliar a vulnerabilidade ou a suscetibilidade de uma categoria ou elemento ambiental;
- Ser um referencial para expressar os impactos das diferenças do índice avaliado, entre o valor do índice sem o projeto;

- Auditar os impactos de projeto;
- Avaliar os impactos integrados, expressados como variações de índices de qualidade ambiental;
- Fazer seleção de alternativas de uso.

Para a construção de índices ambientais Giraldo (1999), sugere que o seguinte procedimento seja adotado:

- Construir uma escala de valores de 0 a 100;
- Ponderação dos valores de qualidade dos indicadores (W_i entre 0 e 100%), uma vez que todos os parâmetros têm a mesma importância para a análise;
- Determinação da Qualidade ambiental por indicador (V_i entre 0 e 1);
- Integração dos valores das ponderações através de sistema de agregação, como as médias aritméticas, médias geométricas, soma simples de valores ponderados (Ex.: $IQMA = \sum(W_i \times V_i)$);
- Análise Avaliativa, para verificar se o índice esboçado mostra realmente o que se quer avaliar.

Entre as características exigidas para os índices pode-se citar:

- Facilidade de uso;
- Deve representar as informações obtidas pelos indicadores;
- Deve ser aceito por especialistas em avaliação;
- Não devem ser ambíguos;
- Deve revelar mudanças nos indicadores chaves ou de mais valor de ponderação;
- Deve permitir a determinação de tendências de mudanças a nível espacial e temporal.

2.7 – Avaliação de cidades utilizando Indicadores/Índices

As cidades são entidades complexas e dinâmicas (Button, 2002).

A avaliação ambiental de cidades através de alguns poucos indicadores poderá ser contestada. No entanto, ao longo dos anos vários indicadores/índices clássicos (também formados por alguns poucos parâmetros) vêm sendo utilizados.

Para Button, (2002), o uso de muitos indicadores, especialmente se eles não são agregados claramente os resultados podem ser confusos, podendo-se assim produzir sinais ambíguos que serão enviados aos administradores, causando confusões.

De acordo com Merico (1996), economistas, políticos e planejadores fazem usos freqüentes das medidas de renda nacional, através dos familiares e amplamente aceitos indicadores macroeconômicos, Produto Interno Bruto (PIB), que simplesmente demonstra o valor total, em termos monetários, da produção total do país em um ano; e, o Produto Nacional Bruto (PNB), que é o PIB adicionado ao fluxo monetário com o exterior. PIB e PNB são simplesmente medidas anuais e totais das atividades econômicas em termos monetários. Estes indicadores, apesar de serem aceitos mundialmente são questionáveis por não consideram a perda de capital natural.

Outro índice amplamente utilizado pelos países é do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), criado pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas, procura refletir o nível de desenvolvimento humano de um país, combinando apenas três indicadores: expectativa de vida, escolaridade e renda per capita. De acordo com Merico (1996), o IDH também tem suas deficiências, por exemplo, países exportadores de petróleo possuem alta renda per capita mas não guardam relação com o desenvolvimento humano (IDH).

Os indicadores utilizados para avaliar as políticas ambientais são os mais difundidos e utilizados e tem como objetivo mostrar de maneira quantitativa a situação ambiental dentro de um determinado marco de trabalho (Diaz-Moreno, 1999).

O marco pressão-estado-resposta proposto pela OECD, têm sido muito utilizado em países com limites geográficos nacionais, mas não existem experiências em municípios (Diaz-Moreno, *op cit.*). O trabalho que vem sendo realizado pela FAEMA no município de Blumenau pode servir de experiência para se avaliar a eficiência de um sistema de indicadores ambientais nessa esfera administrativa.

Azar et al. (1996) mostram uma metodologia utilizando indicadores ambientais sócio-ecológicos para sustentabilidade que tem sido aplicado com sucesso em 40 municípios e

mais de 20 empresas na Suécia. Trata-se de um sistema que foi construído para ser aplicado em diferentes níveis administrativos.

Cantú-Martinez et al. (2000) relatam o trabalho de avaliação da qualidade ambiental, mediante o uso de indicadores e índices ambientais para avaliar a qualidade ou a deterioração ambiental da população de sete municípios (Apodaca, General Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García e Santa Catarina) da Área Metropolitana de Monterrey, no Estado de Nuevo León, utilizando quatro elementos básicos: bem estar social, saúde pública, conservação da natureza e contaminação.deterioração

Galdames (2000), faz a determinação do índice de qualidade ambiental no município de Milipilla (Chile) utilizando apenas os indicadores densidade de áreas verdes, densidade de áreas silvestres e cultivo, densidade de habitantes, densidade de moradias e influencia das indústrias. Por falta de informações não foram considerados indicadores como qualidade das águas, do ar e do solo. Neste trabalho, o autor propõem um Sistema de Gestão Ambiental Municipal baseado nos cinco princípios básicos da norma internacional ISO-14001, compromisso e política ambiental, planejamento, implementação, medição e avaliação, e revisão e melhoramento contínuo.

No Brasil, praticamente não se encontra notícias a respeito de trabalhos de avaliação da qualidade ambiental de cidades. Tem-se algumas informações de trabalhos realizados, principalmente por órgãos responsáveis pela questão ambiental com âmbito estadual, como a CETESB, em São Paulo, que trabalha em alguns municípios, com indicadores/índices ambientais de qualidade da água e do ar. Porém, não se encontrou informações a respeito da agregação dessas informações para se construir um índice mais geral, para se ter um panorama da situação ambiental das áreas de estudo.

Um dos poucos trabalhos encontrados no Brasil, diz respeito à experiência realizada pela Fundação Municipal do Meio Ambiente (FAEMA), que vêm ocorrendo no município de Blumenau (SC).

A FAEMA construiu em 1997, um sistema de indicadores ambientais, baseado no marco analítico pressão-estado-resposta proposto pela OECD, para avaliar o Índice de Sustentabilidade de Blumenau - ISB, como maneira de fazer a avaliação do meio ambiente no referido município e como subsidio para a tomada de decisões. O ISB foi construído pela

agregação de indicadores ambientais com o intuito de avaliar anualmente a evolução do município rumo ao desenvolvimento sustentável.

O ISB é composto por indicadores de pressão ambiental (disposição de resíduos sólidos e qualidade do ar) e de estado do meio ambiente (índice de qualidade da água e cobertura florestal) que avaliam os quatro elementos: água, ar solo e cobertura vegetal, que buscam refletir as consequências da ação do homem sobre o meio.

Os indicadores são agregados e transformados em índices ambientais e colocados em um medidor gráfico semelhante ao *Barômetro de Sustentabilidade* (Anexo 01), proposto por Prescott-Allen (1995), que combina índices ambientais e sociais gerando um índice de sustentabilidade. Para o caso de Blumenau, os eixos do medidor agregam indicadores de pressão sobre o meio ambiente e indicadores de estado do meio ambiente, sendo que todos os indicadores possuem a mesma importância.

O Barômetro da sustentabilidade proporciona um meio sistemático para organizar e combinar os indicadores de maneira que o usuário possa tirar conclusões a respeito das condições em que se encontram as pessoas e o ecossistema, e dos efeitos das interações população-ecossistema, apresentando resultados claros sobre o bem-estar humano e do ecossistema.

Como indicadores de pressão selecionou-se a Disposição de Resíduos Sólidos, que avalia a geração, disposição e tratamento final dos resíduos urbanos e industriais; e o indicador Qualidade do Ar, que avalia as emissões de poluentes atmosféricos produzidos pelo transporte urbano, que utilizam o óleo diesel como combustível. A redução do número de veículos fora dos padrões de emissão refletiria uma diminuição da poluição atmosférica.

Como indicadores do estado do meio ambiente a FAEMA selecionou os indicadores Cobertura Florestal e Uso do Solo, que tem por objetivo determinar a porcentagem de área do município coberta pela vegetação arbórea. Os outros indicadores utilizados são uma série de nove parâmetros físico-químicos e bacteriológicos que são agregados formando o que se chama de índice de qualidade da água (I_{QA}), que tem por objetivo evidenciar o nível de saneamento básico (tratamento de esgoto domiciliares), a poluição industrial e a erosão do solo.

O ISB foi definido pelos seus criadores como uma agregação analítica e gráfica dos citados indicadores, obtidos através de uma média aritmética, formando um índice que varia de 0

a 1, onde o zero corresponde as condições mais insustentáveis e 1, as condições mais sustentáveis (Tabela 02)

Tabela 02 – Níveis de Sustentabilidade do ISB.

NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE	FAIXA
Insustentável	0,00 a 0,25
Potencialmente Insustentável	0,25 a 0,50
Intermediário	0,50 a 0,70
Potencialmente Sustentável	0,70 a 0,85
Sustentável	0,85 a 1,00

Fonte: FAEMA, 1999.

A Tabela 03 mostra o valor do Índice de Sustentabilidade de Blumenau – ISB, obtido para o município de Blumenau, 1998.

Os indicadores ambientais serão agregados na forma de um medidor gráfico composto de dois eixos, onde estarão relacionados os indicadores de pressão, que agregados formarão o Índice de Pressão Ambiental, e os indicadores de mudanças no estado físico e biológico do mundo natural, que agregados formarão o Índice de Estado do Ambiente. A cada eixo estará associado um valor numérico obtido pela média aritmética dos indicadores de pressão e estado.

Acredita-se que mais trabalhos envolvendo a avaliação ambiental de cidades utilizando indicadores poderiam ser realizados englobando, de preferência indicadores sociais, econômicos e ambientais, que certamente contribuiriam com os gestores municipais no processo de tomada de decisões e ao mesmo tempo verificar o progresso do município, rumo à sustentabilidade.

Tabela 03 – Índice de Sustentabilidade de Blumenau

Indicadores de Pressão	Valor
- Disposição de Resíduos Sólidos	0,520
- Qualidade do Ar	0,750
Média	0,635
Indicadores de Estado	Valor
- Índice Qualidade da Água	0,610
- Cobertura Florestal	0,720
Média	0,665
Índice de Sustentabilidade de Blumenau - ISB	0,65

Fonte: FAEMA, 1999.

2.8 – Considerações sobre o uso de indicadores/índices ambientais

Conforme os objetivos, os indicadores e índices podem servir para um grande número de aplicações, podendo destacar-se, de acordo com a Direção-Geral do Ambiente, 2000-b:

- atribuição de recursos: suporte de decisões, ajudando os gestores na atribuição de fundos, alocação de recursos naturais e determinação de prioridades;
- classificação de locais: comparação de condições em diferentes locais ou áreas geográficas;
- cumprimento de normas legais: aplicação a áreas específicas para clarificar e sintetizar a informação sobre o nível de cumprimento das normas ou critérios legais;
- análise de tendências: aplicação a séries de dados para detectar tendências no tempo e no espaço;
- informação ao público: informar ao público sobre a situação ambiental;
- investigação científica: aplicações em desenvolvimentos científicos servindo de alerta para a necessidade de investigação científica mais aprofundada.

Os indicadores ambientais são, de grande importância para fundamentar às tomadas de decisão para qualquer instituição, inclusive as mais complexas, como as cidades. Porém, raramente existe, nessas instituições uma proposta sistematizada de indicadores ambientais que fornecesse informação sobre o desempenho do município no que diz respeito à situação ambiental.

Um dos objetivos deste trabalho é a construção de um sistema de indicadores ambientais que possa ser utilizado para avaliar a qualidade ambiental em uma cidade, e, para tanto, optou-se, devido a sua simplicidade e objetividade, pelo modelo analítico pressão-estado-resposta, proposto pela OECD, para se fazer a sistematização dos indicadores ambientais, uma vez que trata-se de um modelo suficientemente geral, podendo servir de base para a construção de qualquer sistema de indicadores ambientais.

O sistema de indicadores ambientais que se pretende construir proporcionará uma visão global das condições ambientais e das pressões exercidas sobre os recursos naturais pelas atividades humanas, bem como das respostas da sociedade em atenção ao problema que se apresenta. Desta maneira, o município de Tubarão, poderá ter a informação sobre a situação atual e as tendências da qualidade ambiental e dos recursos naturais.

Assim, conforme já foi constatado em diversas experiências internacionais, a construção de um sistema de indicadores ambientais baseado no modelo divulgado pela OECD não será apenas um mecanismo de informação e avaliação da situação ambiental, mas também uma poderosa ferramenta para incrementar a consciência ambiental da população, bem como para se modificar atitudes incorretas nos hábitos de produção e consumo.

A opção da escolha do sistema de indicadores ambientais baseado no conceito pressão-estado-resposta deu-se pelo fato deste modelo ser amplamente utilizado em diversos países podendo ser uma estrutura útil para pensar sobre o jogo detalhado dos indicadores ambientais.

III – O ESTADO DO AMBIENTE EM TUBARÃO (SC)

3.1 - Localização

O município de Tubarão está localizado na Região Sul Catarinense (Figura 06) a uma latitude de 28°28'00"S e uma longitude de 49°00'25" W de Greenwich. Possui uma superfície 284 km² caracterizada principalmente por uma planície sedimentar de formação recente, sendo que as elevações existentes correspondem a rochedos ilhados.

Os aspectos geoambientais do município de Tubarão podem ser verificados no Anexo 02, deste trabalho.

Tubarão limita-se ao Sul com Jaguaruna, a Sudoeste com Treze de Maio, a Oeste com Pedras Grandes, a Noroeste com São Ludgero, ao Norte com Gravatal, a Leste com Capivari de Baixo e a Sudeste com Laguna. Tubarão é a cidade pólo da microrregião da AMUREL - Associação dos Municípios da Região de Laguna.

De acordo com o IBGE (2000) sua população é 89.341 habitantes, das 78,25% está localizada na zona urbana e 21,75% vivem na zona rural.

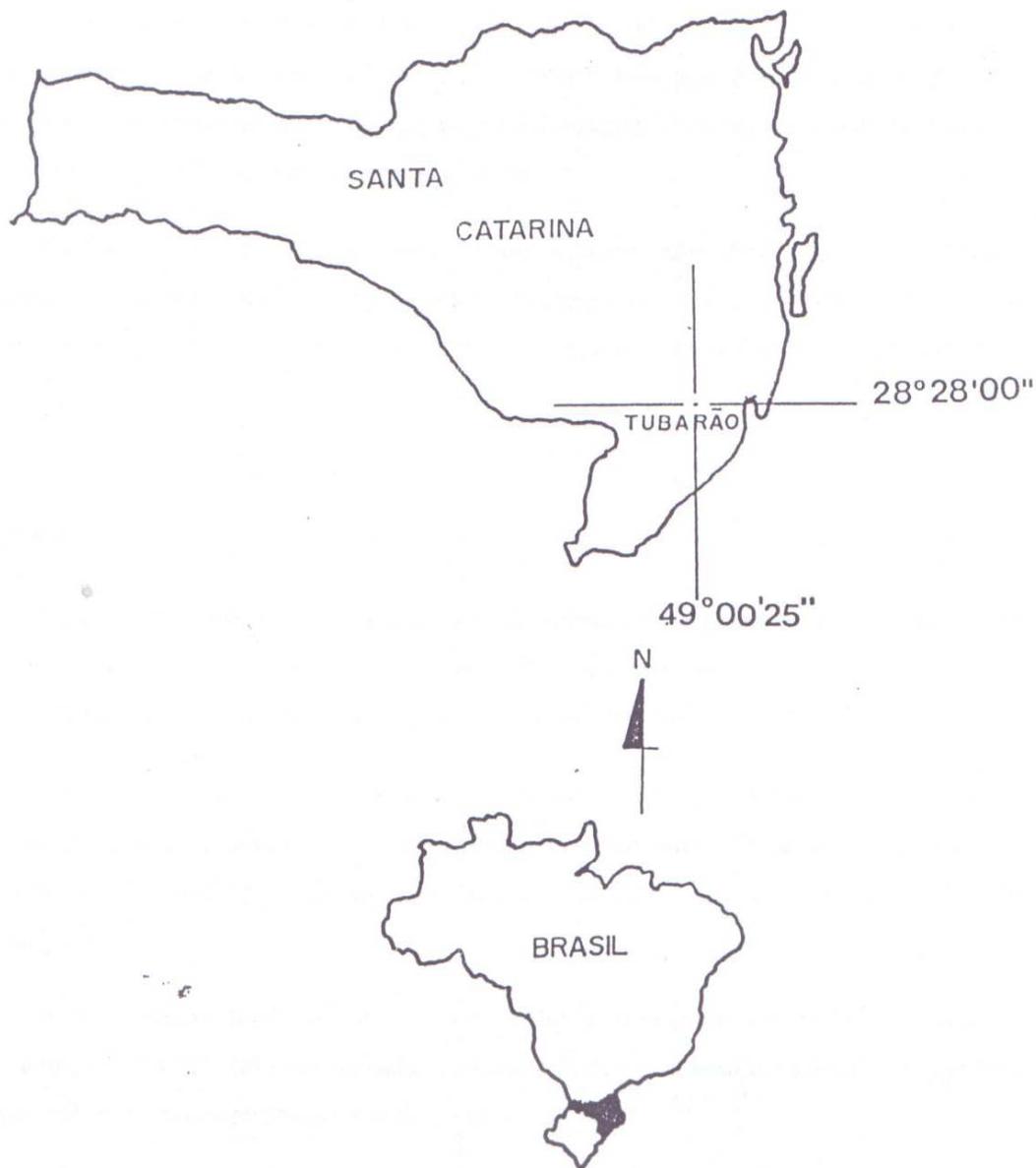


Figura 06 – Localização geográfica do município de Tubarão.

Fonte: Marcomin, 1996.

3.2 – Principais problemas ambientais de Tubarão

Os principais problemas ambientais que merecem destaque no município de Tubarão, estão relacionados à qualidade do ar e das águas, ausência de tratamento de esgoto cloacal, a

disposição dos resíduos sólidos urbanos, problemas relacionados ao uso do solo e a supressão da cobertura vegetal.

3.2.1 – A Qualidade do Ar

As principais fontes de poluentes atmosféricos gerados pelas atividades humanas são as instalações de combustão (centrais térmicas, incineradores e caldeiras industriais) os processos industriais e os veículos a motor, especialmente os automóveis.

A poluição do ar no município de Tubarão está muito relacionada a emissão de poluentes primários aqueles emitidos diretamente das fontes para a atmosfera, como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e partículas totais em suspensão (PTS) - para a atmosfera. As atividades relacionadas ao uso, combustão e transporte do carvão mineral, as atividades industriais e frota veicular contribuem para o nível de degradação da qualidade do ar.

A combustão do carvão mineral é o principal alvo das queixas da população, uma vez que no município vizinho de Capivari de Baixo, está localizado o maior complexo termelétrico da América do Sul, a Usina Jorge Lacerda, que dista aproximadamente 6 km do centro do município de Tubarão e que lança diariamente cerca de 60 toneladas de material particulado, que são as cinzas oriundas da combustão do carvão mineral, além de outras substâncias como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido e dióxido de carbono (CO e CO₂).

De acordo com ECOCONSUSLT (1998), as centrais termelétricas Jorge Lacerda emitem poluentes ao ar em concentrações superiores ao estabelecido pela legislação e a situação se agrava, quando os precipitadores eletrostáticos têm sua eficiência diminuída.

Além da contaminação do ar, agravada por fatores como a altura das chaminés, altos níveis de enxofre no carvão mineral e deficiência no manejo dos filtros, a central termelétrica, contribuem para a acidificação de rios e lagoas da região, através do fenômeno das chamadas chuvas ácidas (ECOCONSULT, 1998).

A predominância do vento NE (Tabela 04) na região é uma preocupação, se compararmos a localização (também a NE) do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda em relação

ao município de Tubarão, uma vez que contribui para o transporte dessas substâncias para o município aumentando suas concentrações em áreas muito habitadas.

Tabela 04 – Predominância dos ventos no município de Tubarão

VENTO PREDOMINANTE	FREQÜÊNCIA (%)
Nordeste (NE)	37,5%
Sul (S)	15,6%
Sudoeste (SO)	13,2%

Fonte: PMT, 2001.

Na região de Tubarão o monitoramento da qualidade do ar vem sendo realizado pela ELETROSUL/GERASUL desde 1987. Os dados mensais do monitoramento atmosférico da região de Tubarão são entregues mensalmente à Prefeitura, Câmara de Vereadores e Escritório da FATMA para análise e ficando a disposição da população.

A rede de monitoramento da qualidade do ar montada está equipada com estações para a medição dos principais indicadores ambientais (teores de dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado, além de estação meteorológica, que analisa os parâmetros: direção e velocidade dos ventos, temperatura, umidade e radiação solar. Esta rede de monitoramento foi ampliada em 1995, graças ao Convênio de Cooperação Técnica firmada com a Japan Internacional Cooperation Agency – JICA.

Esta rede de monitoramento da qualidade do ar, atualmente controlada por pela GERASUL, é composta por três estações automáticas fixas, sendo que uma está localizada no município de Capivari de Baixo, e duas localizadas no município de Tubarão, nos bairros Vila Moema, próximo ao centro da cidade e de São Bernardo. A estação meteorológica está instalada na divisa dos municípios de Capivari de Baixo/Tubarão. A título ilustrativo, a Tabela 05 mostra os valores das concentrações de dióxido de enxofre e material particulado medidos em agosto de 2000, nas estações de monitoramento de Vila Moema e São Bernardo.

Além das três estações fixas, existem, de acordo com informações de fornecidas pela GERASUL, vinte estações simples (Figura 07) localizadas num raio de 20 km do Complexo Jorge Lacerda, para monitoramento da concentração de dióxido de enxofre.

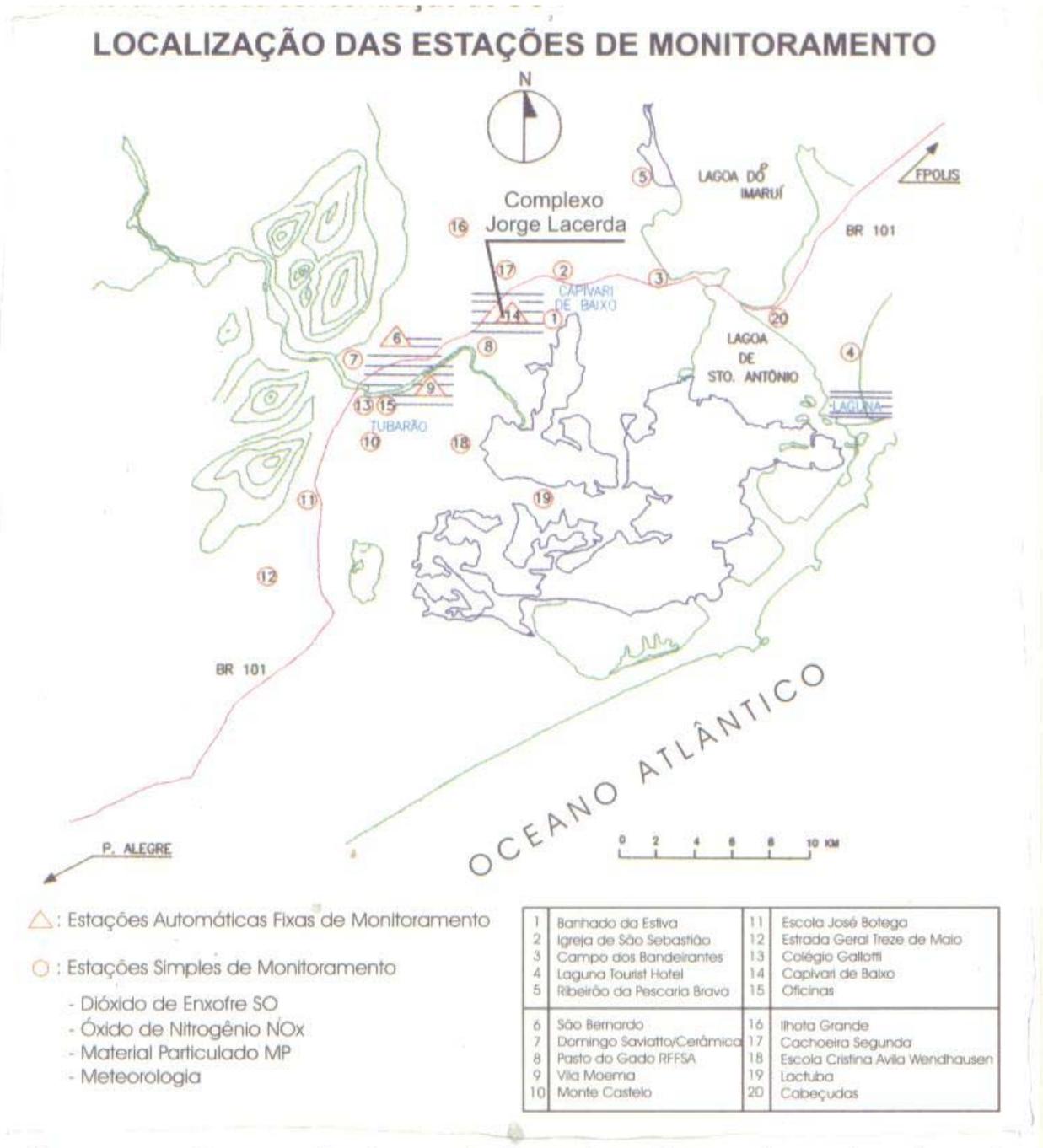


Figura 07 – Estações de monitoramento da qualidade do ar na região de Tubarão

Fonte: Gerasul

Tabela 05 – Monitoramento de SO₂ e M. P. nas estações dos bairros Vila Moema e São Bernardo.

DATA	Dióxido de Enxofre (µg/m ³)		Material Particulado (µg/m ³)	
	Vila Moema	São Bernardo	Vila Moema	São Bernardo
02/08/00	17,35	25,52	56,49	71,74
08/08/00	14,42	6,63	129,11	139,26
10/08/00	0,40	0,34	44,77	34,39
14/08/00	16,19	12,75	28,77	47,64
16/08/00	14,86	26,69	53,11	63,40
Padrão (24h)	365		240	

Fonte: Gerasul, 2000.

3.2.2 – Os Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos são constituídos por materiais indesejáveis ao homem que não tem capacidade de fluir diretamente para os rios ou se elevar diretamente para o ar. São, portanto, resíduos não-líquidos, gasosos, de nossa manufatura, construção, preparo de alimentos, recreação, agricultura e outras atividades humanas que usam e depois os descartam.

A geração, manejo e disposição final dos resíduos sólidos municipais estão entre os principais problemas ambientais dos municípios. Nos municípios brasileiros o aumento da geração dos resíduos sólidos está além da capacidade de manejo, o que torna crescente a proliferação de lixões a céu aberto que representam um grande risco para a saúde humana e a qualidade de vida, bem como uma constante ameaça aos ecossistemas.

Os resíduos sólidos gerados no município de Tubarão, constituem-se num dos maiores problemas urbanos. A disposição final dos resíduos tem sido feita de forma inadequada em um depósito a céu aberto (lixão) localizado no município de Laguna, e, é responsável por uma série de problemas ambientais como a poluição do solo, do ar e suspeita-se da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, além de constituir em focos de vetores endêmicos.

Os principais tipos de resíduos sólidos produzidos no município de Tubarão são:

Lixo Doméstico: gerados nas residências, são constituídos por uma grande quantidade de matéria orgânica (restos de alimentos, folhas e outros detritos putrescíveis), além

de lixo de banheiro, de embalagens constituídas por diversos tipos de materiais (plástico, papéis, vidros, latas), de material de varredura, etc. Seu principal destino é o lixão.

Lixo Comercial: produzido pela atividade comercial, é composto, principalmente, por embalagens de materiais diversos, destacando-se papel, papelão e plástico. Além disso, aparecem freqüentemente restos de alimentos provenientes de bares, hotéis, restaurantes, etc. O destino das embalagens, especialmente, acaba sendo as carroças ou outro meio de transporte similar, de pessoas que sobrevivem exclusivamente de materiais, que são recolhidos em cestos de lixo, com alto potencial para ser reaproveitado e que posteriormente são comercializados por empresas que fazem a reciclagem ou a reutilização desses materiais.

Lixo Industrial: sua composição é variável (cinzas, produtos químicos, etc.) e seu destino pode ser o lixão ou até servir de aterro, como as quebras de produtos cerâmicos.

Lixo Hospitalar: podem ser constituídos de resíduos não patogênicos, provenientes de atividades administrativas, ou de outras áreas que não causem contaminação (embalagens restos de alimentos, etc.) e resíduos patogênicos, como materiais de laboratórios, restos cirúrgicos, alimentos contaminados, seringas, entre outros. O lixo proveniente do único hospital do município é incinerado na própria casa de saúde, já os resíduos provenientes de clínicas, farmácias, laboratórios de análises clínicas, consultórios médicos e odontológicos, postos de saúde e estabelecimentos congêneres, são descartados de maneira inadequada, tentando-se incinerar ao ar livre ou simplesmente enterra-los.

Lixo Público: provenientes, principalmente, da varrição, capina, limpeza de vias públicas, tem como principal destino o lixão. Às vezes podem ser utilizados como aterros.

Lixo de Feiras e Mercados: são constituídos principalmente por matéria orgânica putrescível (frutas, restos de alimentos, folhas, etc). São destinados ao lixão.

Lixo Especial: restos de podas, animais mortos, grandes volumes, entulhos, etc. Os entulhos e restos de podas são muito utilizados para aterros de terrenos baldios.

A composição do lixo do município de Tubarão, de acordo com o Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal, é constituído de materiais igual aos listados na Tabela 06.

Tabela 06 – Composição do lixo do município de Tubarão.

MATERIAIS	PORCENTAGEM (%)
Matéria Orgânica	53,18
Plástico	15,76
Papel / Papelão	13,23
Terra / Pedra	10,49
Vidro	1,89
Metais	1,58
Tecidos	1,46
Madeira	1,03
Outros	1,37

Fonte: PMT, 2001.

Segundo informações da RETRANS, que é a empresa responsável pelo recolhimento dos resíduos sólidos no município, são coletados diariamente por volta de 70 toneladas de lixo, atendendo de acordo com Prefeitura Municipal de Tubarão (2001), 85% da população, o que resulta numa média 0,920 kg/habitante/dia, produzido pela população atendida. A Tabela 07 mostra a geração de resíduos sólidos urbanos (lixo) em algumas capitais brasileiras e no município de Tubarão.

Tabela 07 – Produção per capita de lixo em algumas cidades brasileiras.

CIDADE	GERAÇÃO DE LIXO (kg/hab/dia)
Curitiba	0,61
São Paulo	1,20
Salvador	1,00
Brasília	0,89
João Pessoa	0,36
Belo Horizonte	0,82
Tubarão	0,92

Fonte: Recicleshaw, 2001

Não existe em execução no município de nenhum projeto de coleta seletiva, nem de reciclagem de lixo. A RETRANS, em particular, considera no momento, economicamente inviável a reciclagem do lixo.

Atualmente, em Tubarão, apenas o trabalho de catadores autônomos, contribui para o aproveitamento de diversos tipos de materiais, destacando-se papel, papelão e alumínio, que são descartados diariamente pela população, e, principalmente pelas atividades comerciais e industriais.

3.2.3 – A Qualidade das Águas

A poluição dos rios e lagos no Brasil, de acordo com Gestão dos Recursos Naturais (2000), é, de uma maneira geral muito grave. Nas proximidades dos grandes centros urbanos, principalmente, os rios, reservatórios, praias e baías encontram-se poluídos em virtude do destino incorreto dado aos esgotos, efluentes industriais, resíduos sólidos entre outros fatores.

Na região de Tubarão, o processo de desenvolvimento econômico, acompanhado do aumento e da concentração populacional em áreas urbanas, modificou profundamente e de maneira praticamente irreversível a qualidade das águas. Então, o processo de ocupação da região que ocorreu, pode-se admitir, em função da abundância e qualidade dos recursos hídricos, está ameaçado em função da contaminação desses recursos. O problema da degradação dos recursos hídricos na região ocorre em função do uso de pesticidas e herbicidas nas atividades agropecuárias, pelo resfriamento industrial, pelos efluentes industriais altamente tóxicos, pelos processos de extração e lavagem de carvão mineral, pela eutrofização, em função dos níveis excessivamente altos de dejetos de animais e humanos, pelo chorume liberado pelos depósitos de lixo localizados em locais inadequados, entre outros (Santa Catarina, 1998).

Um dos principais problemas de degradação das águas em Tubarão é proveniente da destinação do esgoto cloacal. Segundo Santa Catarina (1998), no município de Tubarão existe para fins de coleta de esgoto uma rede unitária que recebe as águas pluviais juntamente com as ligações clandestinas águas residuais como o esgoto cloacal das residências.

Na realidade, com a ausência de uma estação de tratamento de esgoto, a própria Prefeitura Municipal, é quem acaba efetuando a ligação das águas residuais e do esgoto cloacal na rede pluvial.

As principais redes pluviais contendo os efluentes domésticos tem como destino principal o rio da Madre ou rio Morto localizado na periferia sul da cidade, que devido a estagnação de suas águas, propiciou o desenvolvimento de diversas espécies de vegetais, destacando-se o aguapé (*Eichornia crassipes*) e a alface d'água (*Pistia stratioides*), que retém boa parte da matéria orgânica proveniente dos esgotos ali lançados e que na altura da localidade da Madre, alcançam o rio Tubarão seguindo o rumo do Complexo Lagunar, no município de Laguna.

Além dos problemas com a poluição hídrica doméstica, gerada dentro da área do município, o município de Tubarão, por estar localizada na parte final da bacia hidrográfica do rio Tubarão, enfrenta graves problemas, uma vez que este drena a região de mineração de carvão na região onde se encontra suas principais nascentes e, devido as baixas vazões a qualidade de suas águas é péssima, com valores de pH em torno de 3. Além das unidades mineiras em operação, agravam-se os problemas ambientais principalmente devido a grande extensão de áreas mineradas a céu aberto (Gothe, 1993).

A poluição hídrica da região se deve principalmente a oxidação do sulfeto de ferro – FeS_2 (pirita) que ocorre associada ao carvão mineral e que quando exposta a umidade e ao ar, sofre oxidação produzindo ácido sulfúrico e compostos de ferro, que acabam sendo transportados para os cursos d'água provocando aumento de acidez com conseqüente abaixamento de pH das águas, proporcionando a solubilização de uma série de metais associados ao mineral e favorecendo a sua ocorrência em elevadas concentrações no meio aquático afetando a qualidade das águas da região

A Tabela 08 demonstra claramente a influência negativa da exploração de carvão mineral sobre a qualidade das águas do rio Tubarão, que sente seus efeitos desde a região próxima as nascentes até abaixo da cidade de Tubarão a aproximadamente 100 km de distância.

Para este comparativo, escolheu-se três pontos ao longo do rio. O ponto 01 na região das nascentes a montante das áreas de mineração acima da cidade de Lauro Muller. O ponto 02 a jusante da área de mineração de carvão, no centro do município acima citado e finalmente o ponto 03, localizado abaixo da cidade de Tubarão (Anexo 03).

Tabela 08 - Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Tubarão

Ponto de Coleta	pH	Manganês (mg/l)	Ferro (mg/l)	Sólido (mg/l)
Ponto 01	7,58	0,005	0,045	31
Ponto 02	3,95	1,08	15,6	350
Ponto 03	7,52	0,17	0,46	123
Padrão CONAMA	6,0 – 9,0	0,1	0,3	250

Fonte: UNISUL

Em seu curso médio, o rio Tubarão recebe as águas do rio Braço do Norte, seu maior afluente em volume de água, que promove uma ação diluidora da carga poluente oriunda da atividade de beneficiamento e extração do carvão mineral. A contribuição positiva do rio Braço do Norte ao rio Tubarão hoje está seriamente ameaçada em virtude da grande expansão da atividade da suinocultura, que se desenvolveu nessa região e que lançam boa parte dos dejetos de suínos em afluentes do rio Braço do Norte e que posteriormente atingem o rio Tubarão. A poluição orgânica nessa região constitui um grave problema, principalmente, porque toda a água superficial oriunda deste espaço geográfico é drenada para o rio Tubarão, que abastece aproximadamente 100.000 habitantes (Rufino, 1999).

Segundo Prefeitura Municipal de Tubarão (1997), estima-se em 190.000 a população de suínos na bacia o que representa uma carga orgânica equivalente a 30 t de DBO₅/dia.

Dados do IBGE de 1999, mostram que o plantel de suínos na bacia hidrográfica do rio Tubarão, já ultrapassou a casa de 250.000 cabeças.

3.2.4 - O Uso do Solo e a Cobertura Vegetal

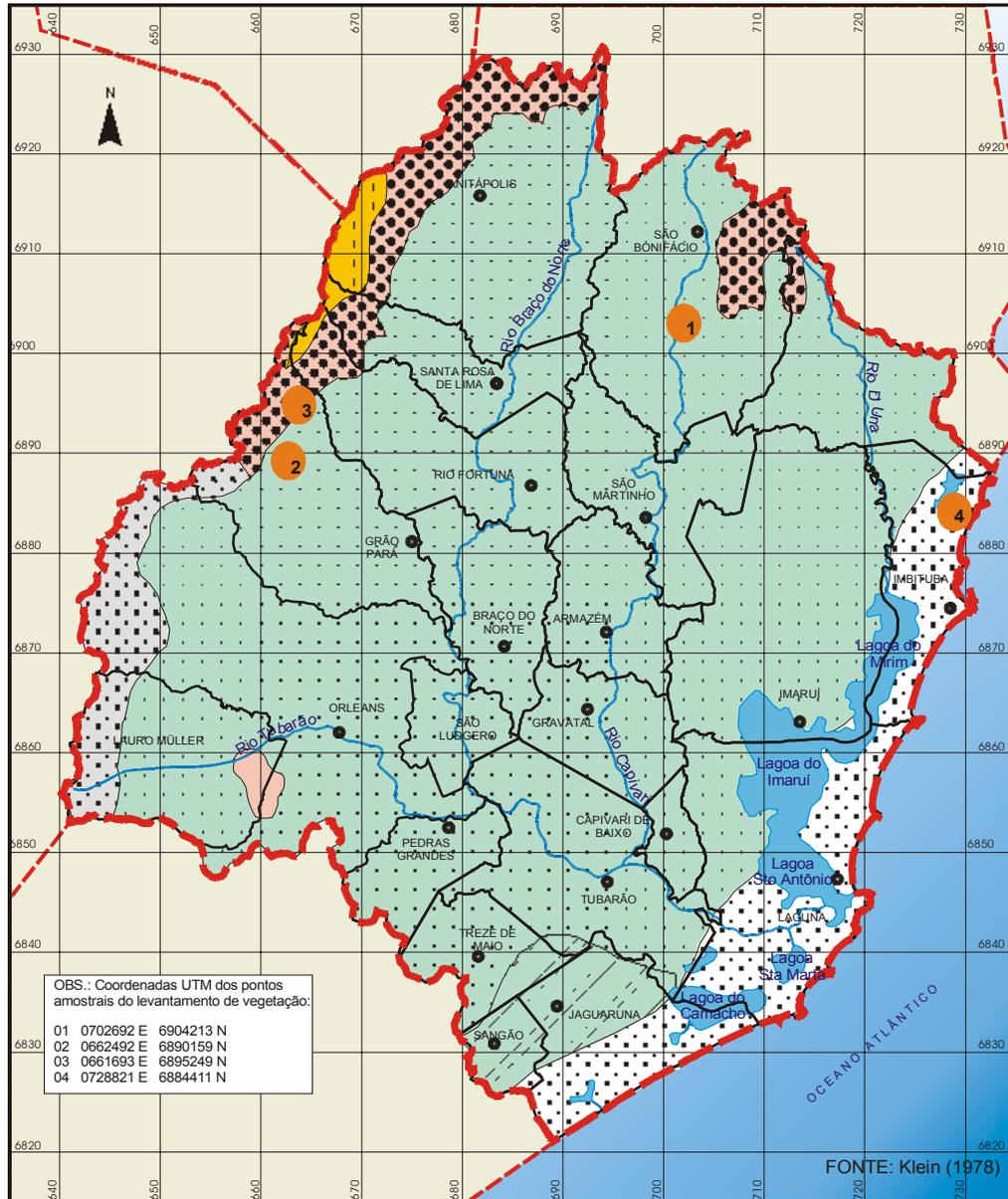
De acordo com ECOCONSULT (1998), na região de Tubarão mais de 60% das terras estão ocupadas com cultivos e pastagens, o que tem reduzido a extensão da vegetação natural. Os terrenos desmatados são utilizados para cultivos e pastagens. Boa parte dos cultivos é temporal, sendo que em Tubarão representam aproximadamente 40%, destacando-se o cultivo do arroz irrigado. A cobertura natural é muito reduzida e a porcentagem do reflorestamento que está sendo realizado, é insignificante.

Tubarão apresenta problemas na ocupação das terras. Uma das causas foi o estabelecimento da população em ambas as margens do rio Tubarão nas partes mais elevadas, porém com o passar do tempo as áreas mais baixas começaram a ser ocupadas tornando-se um transtorno em épocas de enxurradas e inundações. A deficiência dos planos urbanísticos, aliados à falhas na fiscalização contribui para as construções de maneira aleatória e praticamente sem critérios urbanísticos, estéticos e ambientais. As áreas de proteção especiais são inexpressivas, e, no que diz respeito ao uso industrial, Tubarão destaca-se na AMUREL, por concentrar a maioria das indústrias desta microrregião (ECOCONSULT, 1998).

A área estudada está inserida de acordo com Santa Catarina (1986) na região de domínio da Floresta Ombrófila Densa, que é constituída, principalmente, por árvores perenifoliadas alcançado de 20 a 30 metros de altura.

A vegetação primitiva era exuberante com espécies pertencentes a diversos estratos, de maneira que o estrato superior gerava na parte inferior um ambiente úmido e sombrio onde se desenvolviam as espécies do estrato inferior.

O panorama fitoecológico (Figura 08) da atualidade difere em muito da situação original, principalmente, em razão do intenso desmatamento das áreas florestadas para o aproveitamento de madeiras de interesse econômico e para a obtenção de áreas para o cultivo e para a pastagem (ECOCONSULT, 1998).



escala 1:750000

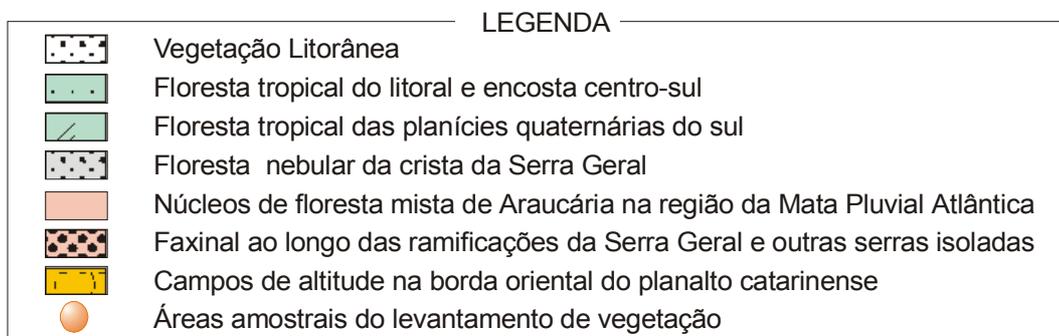


Figura 08 - Mapa fitogeográfico da bacia hidrográfica do rio Tubarão.

Fonte: Santa Catarina, 2001.

De acordo com dados da FATMA, na área referente à bacia hidrográfica do rio Tubarão, onde encontra-se situado o município de Tubarão, a cobertura vegetal é uma das menores do Estado, com aproximadamente 26%. A área reflorestada supõe-se em torno de 1% (Santa Catarina, 1997).

A figura 09 demonstra a redução gradativa da cobertura vegetal em Santa Catarina, elaborado pela Fundação SOS Mata Atlântica e o INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Especiais.

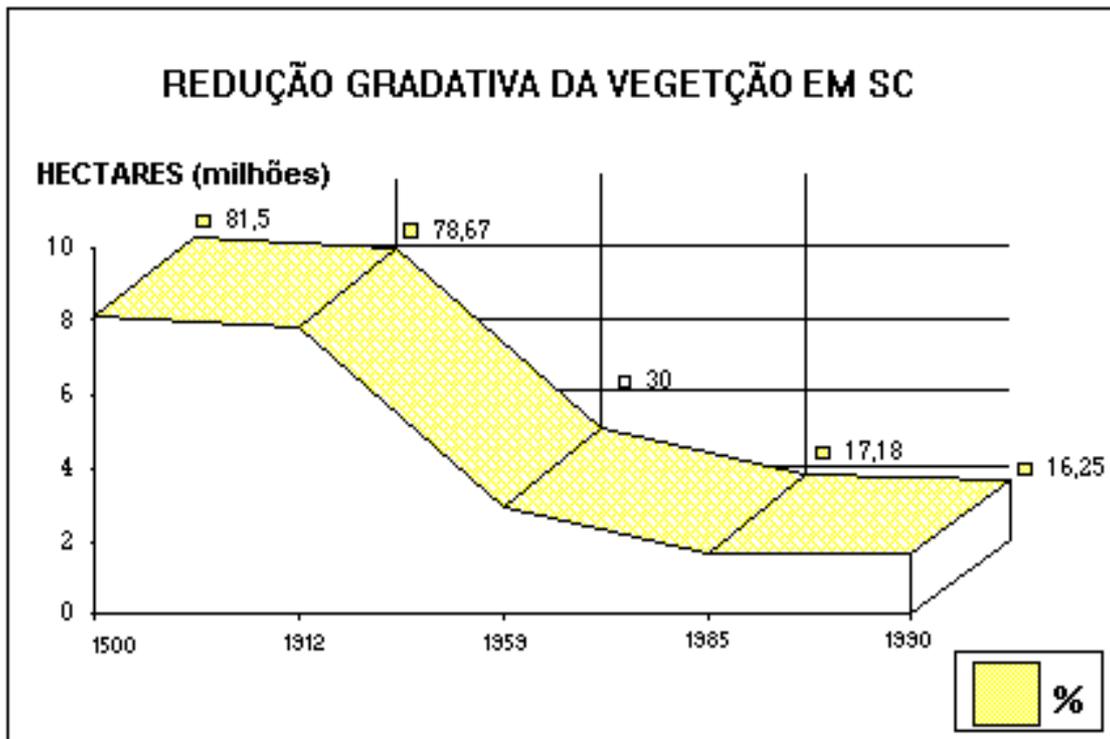


Figura 09 - Gráfico relativo a redução gradativa da vegetação em Santa Catarina.

Fonte: Fundação SOS - Mata Atlântica e INPE

Santos (1992), salienta que a vegetação que ocorre nas planícies costeiras está representada principalmente por pastagens naturais, artificiais e culturas. Em alguns pontos encontram-se preservados relictos de vegetação mais robusta, tipo jerivás (coqueiros), figueira-do-mato, entre outras espécies.

As pastagens artificiais são representadas pelo capim-angola, capim-gordura e capim-taboa. Convivendo com a pastagem natural, aparecem espécies vegetais do tipo arbustiva, samambaias e árvores de médio porte (Santos, 1992).

Segundo levantamento realizado por Marcomin (1990), foi constatado que as espécies arbóreas constituintes da chamada vegetação ciliar do rio Tubarão, dentro do perímetro urbano do Município de Tubarão, eram composta, quase que exclusivamente, por espécies introduzidas após as cheias de 1974. Além disso, pode-se observar que grande parcela da vegetação existente na área se encontrava representada por espécies ornamentais e exóticas.

A superfície antropizada corresponde a aproximadamente 70%. A maior parte dessa área encontra-se ocupada pela agricultura. As culturas cíclicas de milho, mandioca, arroz, cana-de-açúcar, fumo e áreas de pastagens. A alternância de pastagens com a cultura de arroz, é, freqüente, ocupando grandes extensões de terras na região em estudo.

IV - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM TUBARÃO

A qualidade ambiental do Município de Tubarão (Figura 10), será evidenciada utilizando-se um sistema de indicadores ambientais baseado no marco teórico de pressão-estado-resposta proposto pela OECD e ao mesmo tempo testando a aplicabilidade deste modelo, que segundo Díaz-Moreno (1999), tem sido utilizado em alguns países em áreas com limites geográficos nacionais, porém existem poucas experiências regionais e municipais. Logo os trabalhos experimentais ao nível municipal podem representar uma ótima oportunidade para se acumular experiências e observar algumas questões que devem ser levadas em conta para se construir indicadores ambientais em tal patamar administrativo.

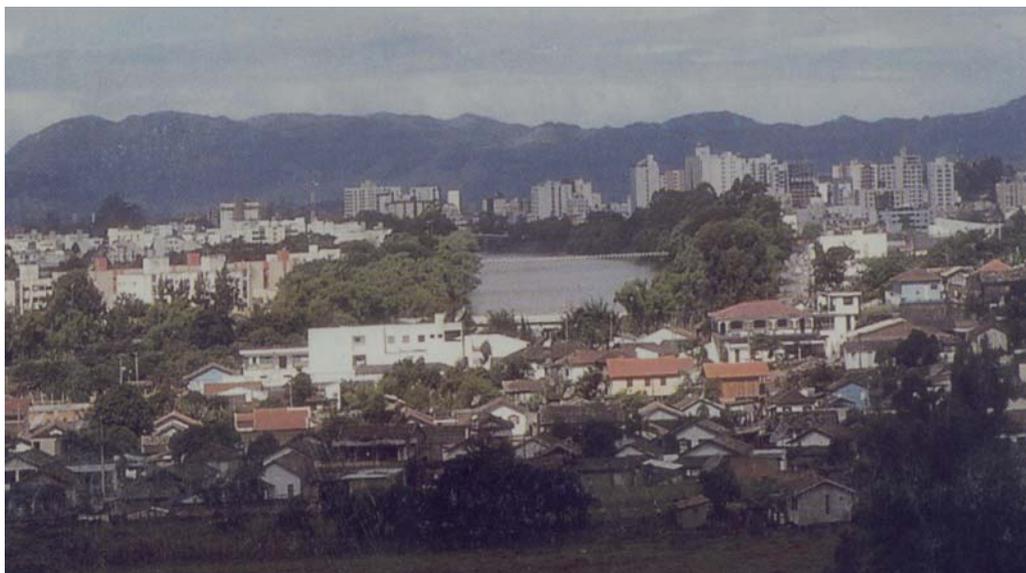


Figura 10 – Vista parcial do município de Tubarão (SC)

Os indicadores ambientais serão ferramentas que poderão auxiliar a administração municipal no processo de tomada de decisões.

4.1 – A Seleção dos Indicadores

O Município necessitará de uma base sólida de informações ambientais que será estruturada pelo marco conceitual adotado facilitando assim sua análise e compreensão. Esse fato é importante uma vez que existe um número considerável de informações sobre as condições ambientais na região, porém, esses dados são fragmentados. Um melhor acesso à informação servirá para interpretá-la de modo que se possa conhecer e estimar as conexões, inter-relações e os efeitos sinérgicos entre problemas (Winograd, 1996).

Além do mais, a disponibilização da informação ambiental, que é um dos deveres dos gestores públicos, é também um importante instrumento para incrementar a consciência ambiental dos cidadãos, como para modificar atitudes incorretas nos hábitos de produção e consumo. Dessa maneira pode-se conseguir mais aliados na resolução de problemas ambientais.

O primeiro passo a ser tomado, portanto, seria a identificação dos principais problemas ambientais que ocorrem na área de estudo.

A qualidade ambiental do município de Tubarão será determinada pelo uso de indicadores ambientais que serão construídos em cima dos principais problemas ambientais citados anteriormente.

Assim dentro do marco conceitual adotado deverão ser desenvolvidos indicadores de pressão, que irão indicar atividades antropogênicas que impactam o meio; indicadores de estado, que revelarão a situação do meio quanto ao seu grau de preservação ou degradação; e indicadores de resposta, evidenciando medidas tomadas pela sociedade para combater a problemática ambiental.

A definição de variáveis (resíduos sólidos, cobertura vegetal, etc.) são necessárias para medir até que ponto o meio tem sido ou é afetado pelas atividades humanas.

Portanto para cada variável deverão ser selecionados um ou mais indicadores para cada uma das categorias (pressão-estado-resposta) do modelo adotado.

Exemplificando, para variável resíduos sólidos, um indicador de pressão poderia ser a quantidade de resíduos produzidos/ano. Esta pressão conduz a um estado do ambiente que poderia ser avaliado pela quantidade de área degradada por esses resíduos no mesmo espaço de

tempo. A resposta da sociedade poderia ser um programa de reciclagem de resíduos sólidos reduzindo a área degradada minimizando a pressão sobre o meio.

Porém, em muitos casos as relações entre pressão-estado-resposta não são lineares, mas a organização dos indicadores dentro do marco conceitual adotado permite a visualização de algumas interações e relações existentes e proporciona uma visão do conjunto sobre o processo de desenvolvimento e sua íntima relação com o meio ambiente.

Na Tabela 09 encontram-se, em função das variáveis escolhidas, uma série de indicadores de pressão-estado-resposta, dos quais, parte deles serão utilizados, neste trabalho, para a avaliar o desempenho ambiental do município de Tubarão.

Tabela 09 – Proposta de indicadores de pressão-estado resposta para Tubarão.

CLASSE VARIÁVEL	PRESSÃO	ESTADO	RESPOSTA
Ar	-Emissão de SO ₂ (t/ano) -Emissão de PTS (t/ano) -Inventário de fontes fixas e móveis -Nº e taxa de incremento de veículos	-Concentração de SO ₂ (µg/m ³)* -Concentração de PTS (µg/m ³)* * média anual	-Resolução 03/90 do CONAMA -Nº de carros com conversores catalíticos
Resíduos Sólidos	-Resíduos sólidos urbanos gerados (t/ano) -Resíduos gerados <i>per capita</i>	-Resíduos gerados x resíduos manejados adequadamente -Área de terra degradada pela disposição de resíduos (ha/ano)	-Taxa de tratamento controlado -Taxa de resíduos que são reciclados
Água	-Consumo doméstico de água <i>per capita</i> (m ³ /ano) -Consumo de água pela indústria -Carga de resíduos orgânicos lançados nas águas (m ³ /ano)	-Oferta hídrica (m ³ /ano) -Índice de qualidade da água - IQA	-Taxa da população com acesso a água tratada -Volume de água tratada (m ³ /ano)
Uso do solo e Cobertura Vegetal	-Uso de agrotóxicos em áreas agrícolas (t/ano) -Taxa de desmatamento anual (ha) -Área urbanizada anualmente (há)	-Intoxicação por agrotóxico -Superfície remanescente arbórea / área total do município (ha) -Área verde por habitante (m ² /hab) -Área urbanizada/área total do município	-Incremento da produção agroecológica (t/ano) -Taxa de reflorestamento anual (ha) -Área protegida (ha)

A escolha dos indicadores deu-se pelo fato dos mesmos representarem os quatro elementos fundamentais da natureza: ar, água, solo e cobertura vegetal, e que julgou-se serem os mais significativos para proporcionar uma visão geral da situação ambiental do município.

Então, de acordo com o modelo adotado e, levando-se em consideração às peculiaridades da área de estudo, selecionou-se os seguintes indicadores para avaliar a qualidade ambiental do município de Tubarão:

4.1.1 - Indicadores de Pressão sobre o Meio Ambiente

4.1.1.1 - Resíduos sólidos produzidos

Este indicador avaliará a produção e a forma de tratamento final dos resíduos sólidos urbanos e industriais do município de Tubarão. No município são produzidos diariamente em torno de 70 toneladas de resíduos sólidos urbanos.

Considerar-se-á a situação ideal a reciclagem dos resíduos sólidos ao passo que a ausência de tratamento e/ou disposição segundo as recomendações técnicas de proteção sanitária e ambiental implicará na situação mais crítica (Tabela 10).

A agregação dos indicadores formará o índice relativo aos resíduos sólidos (I_{RS}) que poderá ser determinado pela expressão matemática, proposta pela FAEMA:

$$I_{RS} = \sum (q_i \cdot p_i)$$

Onde:

q_i = porcentagem do tipo de resíduo gerado no município;

p_i = fator de peso atribuído para o tipo de tratamento dado ao resíduo.

Tabela 10 - Forma de disposição e tratamento dos resíduos sólidos

DISPOSIÇÃO E/OU TRATAMENTO	FATOR DE PESO
Inexistência	0
Vazadouro a céu aberto	0,1
Aterro controlado	0,5
Aterro sanitário	0,8
Aterro industrial	1,0
Incineração	1,0
Reciclagem	1,0

Fonte: FAEMA, 1999.

O resultado desse indicador, que será obtido através de uma média ponderada entre a quantidade de resíduo sólido urbano produzido e o fator de peso atribuído ao tipo de disposição final ou tratamento que está sendo realizado no município (Tabela 11). A agregação desses indicadores através do somatório das médias ponderadas formará índices parciais e posteriormente obter-se-á o índice relativo aos resíduos sólidos (I_{RS}), que no caso, foi igual a **10,023** (Figura 11).

Tabela.11.- Quantidade de resíduos sólidos recolhidos em Tubarão.

RESÍDUO	QUANTIDADE (%)	FATOR DE PESO	ÍNDICE PARCIAL
Doméstico	39,24	0,1	3,924
Industrial/Comercial	10,24	0,1	1,024
Entulho	49,99	0,1	4,999
Público	0,5	0,1	0,050
Hospitalar	0,02	1,0	0,020
Reciclado	0,01	1,0	0,010
TOTAL	100	–	10,023

Fonte: Prefeitura Municipal de Tubarão, 2001.

O índice ótimo seria alcançado se todo resíduo sólido gerado fosse reciclado ao passo que o índice crítico, equivalerá ao somatório dos índices parciais correspondentes as disposições em vazadouro a céu aberto ($3,924 + 1,024 + 4,999 + 0,05 = 9,997$).

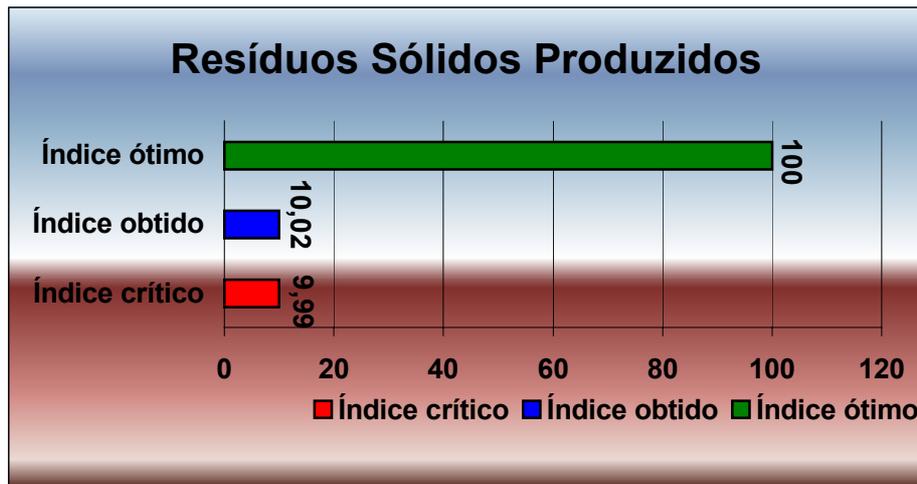


Figura 11 – Índice referente aos resíduos sólidos produzidos

4.1.1.2 – Efluentes domésticos (esgoto) lançados no ambiente

O município de Tubarão, de acordo com dados obtidos junto a Secretaria de Planejamento do Município, produz uma carga de resíduos orgânicos de aproximadamente 13.400 metros cúbicos diariamente.

Por não possuir uma estação de tratamento de esgoto, a coleta desse material drenada para uma rede unitária que recebe as águas pluviais e residuais que são posteriormente lançadas nos rios (Figura 12).

O sistema de coleta dos efluentes domésticos predominante no município são as fossas sépticas e sumidouros que são ligados a rede de águas pluviais, seguida das fossas sépticas e sumidouros, sem conexão com a rede pluvial, conforme demonstra a Tabela 12.

No início da década de 90, a Prefeitura Municipal de Tubarão começou a orientar os munícipes para utilizarem o conjunto de fossas sépticas e filtros anaeróbios nas novas construções, porem não se tem registros de quantas residências utilizam os filtros anaeróbios.

Considerar-se-á a situação ideal o tratamento dos efluentes domésticos em estações de tratamento convencional, ao passo que a situação mais indesejada, será a ausência de qualquer tipo de tratamento para esses efluentes.



Figura 12 – Lançamento de esgoto doméstico no Rio Tubarão, no centro da Cidade.

Agregando-se os indicadores relativos a produção de efluentes domésticos no município de Tubarão, obter-se-á o índice relativo aos efluentes domésticos (I_{ED}), propôs-se a fórmula matemática:

$$I_{ED} = \sum (q_i \cdot p_i)$$

Onde:

q_i = porcentagem de efluente doméstico produzido no município;

p_i = fator de peso atribuído para o tipo de tratamento do efluente doméstico.

Tabela 12 – Tipos de saneamento, em percentual, nos domicílios de Tubarão.

Ligação direta	Fossa séptica conectada a rede pluvial	Fossa séptica sem estar conectada a rede pluvial	Fossa rudimentar (casinha)	Outros	Ausência
0,19	53,69	28,88	10,30	4,22	2,72

Fonte: ECOCONSULT, 1998.

A Tabela 13 atribui pesos de importância ao tipo de tratamento dos efluentes sanitários no município de Tubarão.

O valor calculado igual a **39,86**, que se encontra representado na Figura 13, corresponde ao índice relativo aos efluentes domésticos lançados no ambiente encontrado para o município de Tubarão.

Tabela 13. – Tipo de tratamento dado aos resíduos sanitários (esgoto) em Tubarão.

TIPO DE TRATAMENTO	QUANTIDADE (%)	FATOR DE PESO	INDICE PARCIAL
Ausência	2,72	0	0
Outros	4,22	0,1	0,422
Fossa Rudimentar	10,30	0,1	1,03
Ligação Direta	0,19	0,1	0,019
Fossa séptica s/ conexão	28,88	0,4	11,55
Fossa/Filtro e Sumidouro c/ conexão	53,69	0,5	26,84
Estação de Tratamento	0	1,0	0
Total	100	-	39,86

Está se considerando que o índice ótimo referente aos efluentes domésticos lançados no ambiente se todo esgoto produzido fosse destinado a uma estação de tratamento, enquanto que o índice crítico seria obtido se todo esgoto produzido no município não sofresse nenhum tipo de tratamento, por mais rudimentar que fosse, que corresponde a soma $(0,422 + 1,03 + 0,019 = 1,471)$.

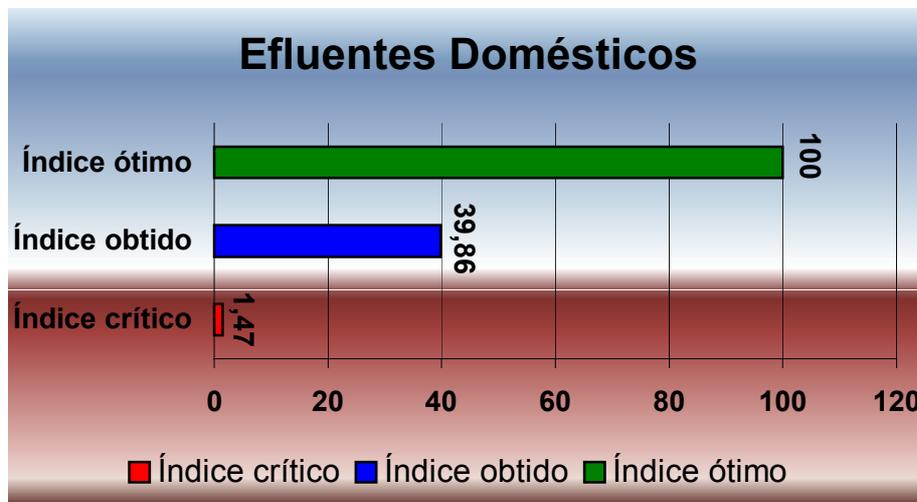


Figura 13 – Índice referente aos efluentes domésticos lançados no ambientes.

4.1.1.3 – Consumo de água

De acordo com Santa Catarina (1997), a demanda pela água no Estado, vem crescendo gradativamente. O crescimento vegetativo da população catarinense, o aumento do consumo per capita, o aumento da atividade industrial e o uso de novas tecnologias no setor agrícola (utilização de irrigação, por exemplo), contribuíram para o aumento total da demanda pela água, causando inclusive conflitos pela utilização da água em algumas regiões do estado, como ocorre na região sul.

Para fazer uma caracterização entre demanda, conflitos e disponibilidade de água, Santa Catarina, 1997, estabeleceu o Índice da Disponibilidade Hídrica em Estiagem – I_{DHE} , que será utilizado com uma pequena alteração nesse trabalho, que faz uma relação entre as demandas conhecidas por água em uma sub-bacia e as vazões características de estiagem dos recursos hídricos de superfície. O I_{DHE} é, portanto, um indicativo da intensidade do uso frente à disponibilidade de água na sub-bacia e não, o resultado do balanço hídrico detalhado entre disponibilidade e usos.

O I_{DHE} será matematicamente determinado pela expressão, reformulada Santa Catarina, 1997:

$$I_{DHE} = (C/Q_{7,10}) \cdot \pi \cdot 100$$

Onde:

C = total de consumo de água em m^3/s ;

$Q_{7,10}$ vazão característica de estiagem de contribuições superficiais em m^3/s .

π = fator de peso atribuído a situação.

Se $C/Q_{7,10} \geq 1$ considera-se o $I_{DHE} = 0$.

A Tabela 14 mostra os critérios para a avaliação disponibilidade/demanda de água numa sub-bacia. A situação Normal, equivale a uma demanda por água, inferior a 20% da vazão de estiagem ($Q_{7,10}$); a situação Preocupante, está relacionada a demanda de água compreendida entre 20% e 50% da vazão de estiagem ($Q_{7,10}$); a situação Crítica, equivale a uma demanda por

água no intervalo de 50% a 100% da vazão de estiagem ($Q_{7,10}$); e, a situação Extremamente Crítica, está relacionada a uma demanda por água superior a 100% da vazão de estiagem ($Q_{7,10}$).

Tabela 14 – Critérios para a avaliação da disponibilidade / demanda de água

SITUAÇÃO	$Q_{7,10}$	FATOR DE PESO
Normal	<20%	1,0
Preocupante	20% a 50%	0,5
Crítica	50% a 100%	0,1
Extremamente Crítica	>100%	0,0

Fonte: modificado de Instituto CEPA/SC

O quociente $C/Q_{7,10}$ ver Tabela 15 foi determinado fazendo o somatório das demandas de água (urbana, industrial, para irrigação e outras atividades) na sub-bacia do rio Tubarão, o principal manancial e mais expressivo na área do município em estudo (Figura 14) e a vazão de estiagem com 7 dias de duração e 10 anos de recorrência ($Q_{7,10}$) na foz da sub-bacia analisada.

Este indicador deverá ser entendido como uma mera forma de comparação entre o consumo de água e a disponibilidade hídrica. Considerar-se-á a melhor situação demandas de consumo inferior a 20% do total disponível “Situação Normal” e a pior situação, demandas de consumo de água superior a 100% do total da água disponível “Situação Extremamente Crítica”.

Tabela 15 – Indicador de disponibilidade hídrica em estiagem $C/Q_{7,10}$.

CONSUMO (m ³ /dia)					TOTAL DE CONSUMO (m ³ /s)	VAZÃO DE ESTIAGEM (m ³ /s)	$C/Q_{7,10}$
Animal	Humano	Industrial	Irrigação	Total			
2.134	14.816	-	385.223	402.173	4,655	16,95	0,275

Fonte: modificado de Instituto CEPA/SC, CASAN, CEHPAR

O valor encontrado de 0,275 ou 27,5% para o quociente $C/Q_{7,10}$ no rio Tubarão, classifica a área de estudo como estando numa situação Preocupante, no que diz respeito à disponibilidade/demanda de água.

Para efeito da construção do índice relativo ao consumo de água estabeleceu-se fatores de peso para cada situação já vistas na Tabela 15. Como para o indicador em questão ($C/Q_{7,10}$) o valor mínimo corresponde a melhor situação, será considerado o valor $(1-0,275) =$

0,725, que multiplicado pelo fator de peso 0,5 resultará em 0,3625 ou 36,25%, que será o I_{DHE} , que fará parte do composição do Índice de Qualidade do Meio Ambiente, para o Município de Tubarão.



Figura 14 – Rio Tubarão no centro do município de Tubarão.

Com relação ao consumo de água (Figura 15), está se considerando como índice ótimo a menor relação entre consumo e vazão de estiagem para o Estado de Santa Catarina, que de acordo com dados do Instituto CEPA/SC, trata-se do rio Chapecó, no município de São Carlos ($C/Q_{7,10} = 0,013$ ou $I_{DHE} = 98,7$), enquanto o índice crítico (igual a 10) será atingido, toda vez que o quociente entre consumo de água e vazão de estiagem for igual a unidade ($C/Q_{7,10} \geq 1$).

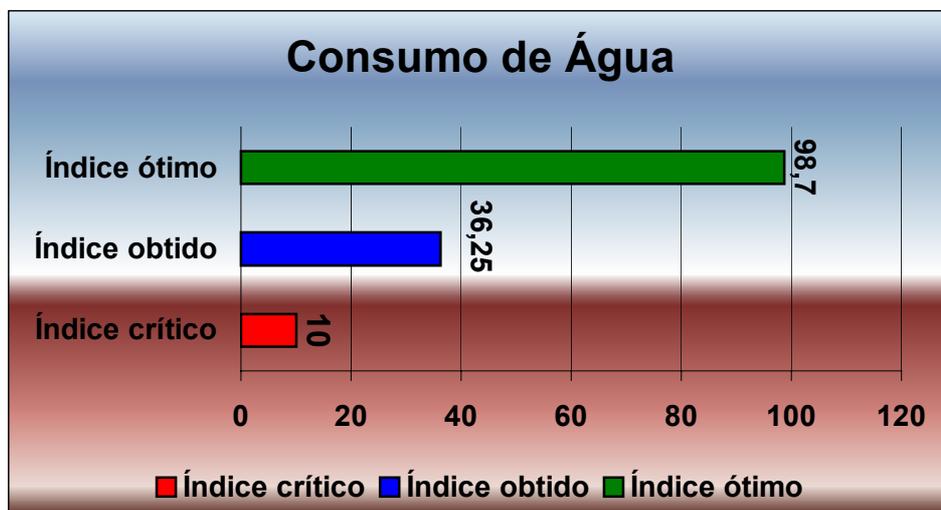


Figura 15 – Índice relativo ao consumo de água do rio Tubarão.

4.1.2 - Indicadores de Estado do Meio Ambiente

4.1.2.1 - Cobertura Vegetal e Uso do Solo

A vegetação é extremamente importante para se manter a qualidade ambiental de uma determinada área. Protege o solo impedindo a erosão e o seu conseqüente empobrecimento, serve de abrigo para a fauna, reduz o fluxo das águas superficiais, dificulta o assoreamento dos cursos d'água, nas áreas urbanas contribuem para um melhor conforto climático, trás benefícios paisagísticos, entre outros.

Portanto a quantidade de superfície do município que possui cobertura vegetal representa um indicativo de uma boa qualidade ambiental (Figura 16).



Figura 16 - Área em regeneração na parte sul do município de Tubarão.

Este indicador representa a porcentagem da área de terra do município coberto pela vegetação em relação à área total do município, destacando as classes de uso e cobertura do solo através da determinação das porcentagens de:

- 1 - áreas urbanizadas (áreas urbanas, vias públicas e movimento de terras);
- 2 – pastagens e agriculturas (áreas de pastagens e culturas agrícolas);
- 3 – superfícies cobertas por águas (rios, lagoas, etc.);

4 – vegetação arbórea (áreas cobertas por vegetação arbórea e áreas de reflorestamento).

Os resultados obtidos para o município de Tubarão encontram-se representados na Tabela 16. Como a classe de uso de solo de interesse, refere-se a área do município coberta pela vegetação, o indicador que relaciona a taxa de vegetação será considerado como sendo o índice de cobertura vegetal (I_{CV}) que pode ser determinado pela relação matemática, adaptada da FAEMA:

$$I_{CV} = (A_V / A_T) \cdot 100$$

Onde:

A_V = área do município coberta pela vegetação arbórea;

A_T = área total do município.

Tabela 16 – Classes de uso do solo para Tubarão.

CLASSE DE USO DO SOLO	ÁREA (km ²)	PORCENTAGEM
Áreas urbanizadas	36,00	12,68
Agricultura e Pastagens	184,84	65,08
Águas	4,54	1,60
Vegetação arbórea	58,62	20,64
TOTAL	284	100

Fonte: Fundação IBGE, PMT, SDM

Como este indicador mede o percentual da superfície do município coberta pela vegetação arbórea, seja área reflorestada ou vegetação nativa (nos seus mais diversos estágios de sucessão), o valor identificado, será considerado como sendo o índice de cobertura vegetal, cujo valor obtido é igual a **20,64**.

Este resultado está de acordo com que as informações da Fundação de Meio Ambiente (FATMA) que afirma que a bacia hidrográfica onde está inserido o município de Tubarão, é uma das que apresentam a menor cobertura do estado, em torno de 26%.

A definição do índice ótimo está se considerando a porcentagem de Mata Atlântica que existia em Santa Catarina em 1500, de acordo com informações da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que representava 81,5% da superfície estadual, enquanto o índice crítico, está se considerando ao menor percentual de cobertura vegetal do Estado de Santa Catarina que corresponde as regiões das bacias do Extremo Sul Catarinense e a do Extremo Oeste, que corresponde a 12%, segundo a FATMA (Figura 17).

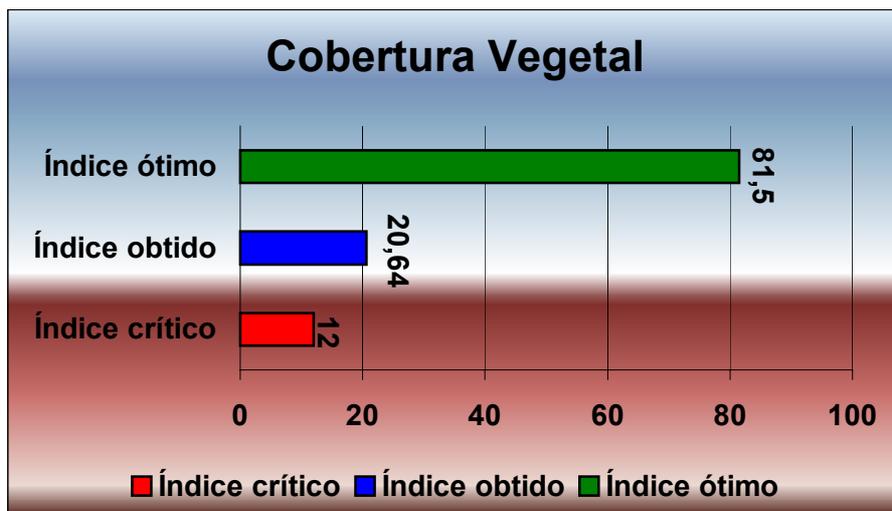


Figura 17 – Índice relativo a Cobertura Vegetal

4.1.2.2 - Índice de Qualidade da Água

Para simplificar o processo de divulgação dos dados de qualidade das águas para a população, é comum o uso do Índice de Qualidade da Água (I_{QA}), índice desenvolvido em 1970, pela “*National Sanitation Foundation*”, dos Estados Unidos, e é calculado determinando-se nove parâmetros, que foram escolhidos por diferentes especialistas que o desenvolveram como sendo os mais relevantes para serem incluídos na avaliação das águas destinadas ao abastecimento público. Os julgamentos dos profissionais foram sintetizados em um conjunto de curvas médias, uma para cada parâmetro, as quais são mostrados na Anexo 04.

Estes parâmetros são indicadores de qualidade da água e para o cálculo do I_{QA} , é realizado o produtório ponderado dos resultados correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez.

Para se determinar o valor do índice de qualidade da água (I_{QA}), utiliza-se a seguinte equação:

$$I_{QA} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

I_{QA} = índice de qualidade da água (n° entre 0 e 100);

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro (n° entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, atribuído em função da importância desse parâmetro para conformação global da qualidade (n° entre 0 e 1).

n = número de parâmetros que entram no cálculo.

P_i = produtório (i.e. $q_1^{w_1} \cdot q_2^{w_2} \cdot \dots \cdot q_n^{w_n}$)

Estes valores variam de 0 (zero) a 100 (cem) e quanto maior for o valor, melhor será a qualidade da água.

A partir do cálculo do I_{QA} , classifica-se a qualidade das águas analisadas de acordo com a escala de valores mostrados na Tabela 17.

Tabela 17 – Índice de Qualidade da Água – I_{QA}

ÍNDICE	CLASSIFICAÇÃO
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Ruim
0 – 19	Péssima

Fonte: CETESB, 1985

De acordo com Mota (1997), para cada parâmetro, realiza-se um estudo de magnitude de qualidade, que é representado graficamente, atribuindo-lhe um valor relativo.

Os nove parâmetros analisados para compor o I_{QA} , possuem os respectivos pesos dentro do índice conforme mostra a Tabela 18.

Tabela 18 – Parâmetros analisados pelo I_{QA}

INDICADOR	FATOR DE PESO
DBO ₅	0,10
PH	0,12
Turbidez	0,08
Sólidos Sedimentáveis	0,08
Oxigênio Dissolvido	0,17
Temperatura	0,10
Coliformes Fecais	0,15
Nitrogênio	0,10
Fósforo	0,10
TOTAL	1,00

Fonte: CETESB, 1985

Para se obter resultados do I_{QA} mais condizentes com a realidade local, lançar-se-á mão do Índice de Toxicidade (IT) que leva em consideração os elementos tóxicos presentes numa amostra. Estes serão considerados indiretamente por uma variável binária que assume o valor 0, caso um ou mais dos elementos tóxicos do conjunto considerado ultrapasse o limite permitido ou 1, no caso contrário.

Os parâmetros que indicam toxicidade são selecionados de acordo com as características de cada região, levando-se em consideração o uso do solo. No caso da área de estudo que sofre influência das atividades ligadas a extração e usos do carvão mineral, verificar-se-á a presença de metais pesados (manganês, cobre, zinco e chumbo). Considerou-se a presença desses elementos apenas no rio Tubarão, por se tratar do único manancial de água do município que sofre a influência da mineração de carvão. Os parâmetros serão comparados com os valores preconizados na Resolução CONAMA n. 20/86, levando-se em conta o tipo de uso a que se destina a água.

O índice obtido para um determinado ponto de coleta será o resultado do produto do I_{QA} , calculado em função dos nove parâmetros já mencionados pelo IT, representado pela variável binária 0 ou 1.

Caso os parâmetros encontrarem-se em conformidade com os padrões fixados pela legislação, o Índice de Toxicidade calculado assume o valor unitário e a qualidade do curso d'água

Tubarão são de qualidade apenas ACEITAVEL (Tabela 18), o que demonstra a evidente ação antrópica interferindo de maneira significativa na qualidade dos recursos hídricos na região.

Tabela 19 – Resultados do IQA para rios de Tubarão.

Rios	Nº do Ponto	IQA	Classificação
Tubarão	1	47,14	Aceitável
Tubarão	2	42,78	Aceitável
Tubarão	3	0	Imprópria
Correias	4	79,65	Ótima
Correias	5	42,58	Aceitável
Lajeado	6	48,40	Aceitável
Correias	7	39,15	Aceitável
Do Pouso	8	51,05	Aceitável
Caruru	9	42,58	Aceitável
Capivari	10	48,96	Aceitável
Média Geral	-	44,23	Aceitável

Fonte: UNISUL

A determinação do índice ótimo e crítico mostrados na Figura 19, está de acordo com a classificação proposta pela EPA, e que é utilizada pela CETESB para classificar os cursos d'água. Assim estabeleceu como o melhor índice o valor 100 e o pior o valor 0, situação extrema da classificação Péssima ou Crítica.

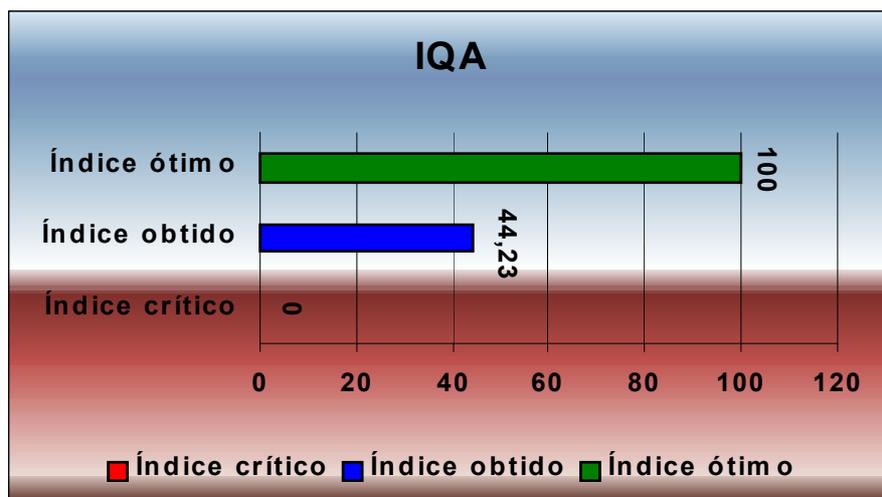


Figura 19 – Índice relativo à qualidade das águas.

4.1.2.3 – Indicador de Qualidade do Ar

A qualidade do ar pode ser caracterizada através da utilização de diversos indicadores, podendo ser expressos pela concentração de um determinado poluente num intervalo de tempo pré-estabelecido (Direcção-Geral do Ambiente, 2000-a).

O método para se determinar a qualidade do ar da região é o utilizado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, de São Paulo, e pela *Environmental Protection Agency – EPA*, órgão de meio ambiente dos Estados Unidos. Este índice é baseado no *Pollutant Standards Index – PSI*, que foi resultado de um estudo realizado pela EPA (Estados Unidos) para uniformizar os diversos índices utilizados para a divulgação dos dados referentes à qualidade do ar.

A interpretação dos resultados e o diagnóstico apresentado são feitos através da comparação dos valores máximos diários, médias mensais e anuais com padrões estabelecidos nas legislações estadual e federal atualmente em vigor.

O índice de qualidade do ar é obtido através de uma função linear segmentada (Anexo 07), onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração de cada poluente com o valor do índice, resultando em um número adimensional referido a uma escala com base em padrões de qualidade do ar.

Os índices calculados são plotados em gráficos, onde se distribuem nas respectivas faixas de qualidade do ar, conforme a escala expressa na Tabela.20.

Como indicadores da qualidade do ar selecionou-se as concentrações de dióxido de enxofre (SO_2) e das partículas totais em suspensão (PTS), ambas medidas em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Classificados como poluentes primários o SO_2 e as PTS tem origem junto as principais fontes antrópicas de poluição do ar, destacando-se a queima de combustíveis fósseis (como carvão e petróleo) e a diversos processos industriais, em especial, o cerâmico, muito significativo na região. .

A opção de seleção do dióxido de enxofre como indicador da qualidade do ar se deve aos efeitos que o mesmo causa no ambiente, tais como, danos ao aparelho respiratório, corrosão de materiais (ferro, aço, mármore), danos às plantas (amarelecimento e morte) e a contribuição para o aumento da acidez das águas, formando as chuvas ácidas. Já as partículas totais em

suspensão (material particulado), além da redução de visibilidade e modificações na paisagem, podem carrear poluentes tóxicos para os pulmões.

Além das conseqüências geradas por esses dois tipos de poluentes, as peculiaridades da região de Tubarão, como a presença significativa de indústrias cerâmicas, as usinas termelétricas que promovem a combustão do carvão mineral, os veículos automotores, entre outros, fazem com que o dióxido de enxofre e o material particulado sejam disparados os poluentes atmosféricos mais significativos, sendo assim, a avaliação das suas concentrações, refletiram bem a qualidade do ar atmosférico no município.

As medidas das concentrações de dióxido de enxofre e partículas totais em suspensão, parâmetros analisados pela GERASUL, foram realizadas nas estações ambientais dos bairros Vila Moema (Figura 20), próximo ao centro da cidade, e São Bernardo. O método utilizado para a determinação do dióxido de enxofre nas estações citadas anteriormente é o método acidimétrico, que é um medidor de SO₂ por borbulhamento em solução com peróxido de hidrogênio, método este, indicado pela OECD. As concentrações das partículas totais em suspensão, por sua vez, foram medidas pelo método de referência do Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) estabelecido pelas legislações federal e estadual.

Tabela 20 – Índice de qualidade do ar

Concentração de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentração de SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Índice	Qualidade do Ar
0 – 80	0 – 80	0 – 50	Boa
80 – 240	80 – 365	51 – 100	Regular
240 – 375	365 – 800	101 – 199	Inadequada
375 – 625	800 – 1600	200 – 299	Má
625 – 875	1600 – 2100	300 – 399	Péssima
875 - 1000	2100 – 2620	> 400	Crítica

Fonte: CESTEB, 1996.

No Anexo 08, encontram-se os resultados obtidos para as concentrações de dióxido de enxofre e das partículas totais em suspensão.

Para cada poluente medido é calculado um índice. O valor mais elevado, é considerado como sendo o índice de qualidade do ar, o que implica que para uma dada estação é determinada pelo pior caso.

A concentração média anual de dióxido de enxofre foi obtida fazendo-se uma média aritmética, conforme estabelece a resolução CONAMA 03/90 (Anexo 09), de acordo com a equação:

$$[\text{SO}_2] = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n$$

Onde:

x_i = medidas das concentrações de SO_2

n = números de medições.

As medidas de concentração de dióxido de enxofre revelaram através da média aritmética anual dos valores obtidas nas duas estações como sendo igual a $19,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O valor encontrado está bem abaixo dos padrões de qualidade do ar no Brasil, especificados pela Resolução N^o. 03 do CONAMA, que define como padrão de qualidade do ar para o componente SO_2 , $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média aritmética anual e $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para 24 horas.

A concentração média anual de partículas totais em suspensão (ou material particulado - MP) foi obtida fazendo-se uma média geométrica, conforme estabelece a Resolução CONAMA 03,/90 segundo a equação:

$$[\text{MP}] = \sqrt[n]{y_1 \cdot y_2 \cdot \dots \cdot y_n}$$

Onde:

y_i = medições das concentrações de MP

n = número de medições.



Figura 20 – Estação de monitoramento do ar do bairro Vila Moema no município de Tubarão.

A concentração do material particulado indicou através da média geométrica anual, de acordo com a resolução CONAMA citada anteriormente, medidas nas duas estações de monitoramento fixas localizadas no município de Tubarão ($61,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na estação de Vila Moema e $44,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$), como sendo um valor de $46,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O valor encontrado também se encontra bem abaixo dos padrões de qualidade do ar preconizadas pelas normas ambientais vigentes no país para as PTS, que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média geométrica anual e de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para 24 horas.

Desta maneira os valores obtidos se encaixam na faixa mais positiva, classificada como Boa ($0-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para a qualidade do ar no município, tanto em relação ao indicador dióxido de enxofre, como para o indicador material particulado.

Para efeito da construção do índice de qualidade do ar, considerar-se-á o valor da concentração de material particulado que foi a maior média ($46,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que levado ao gráfico do anexo 06, obtém-se um valor equivalente a 29,37, logo, classificada como uma boa qualidade do ar.

O índice de qualidade do ar (I_{QAf}) obtido equivale a 58,74% do maior valor (situação menos desejada) da escala classificada como boa, logo de acordo com a Tabela 21. montada o índice de qualidade do ar será equivalente a 88,25.

A figura 21 mostra o índice relativo a qualidade do ar evidenciando as situações ótima e inadequada.

Como índice inadequado, será considerado a concentração de material particulado equivalente a $375 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a faixa classificada como inadequada pela CETESB, e que corresponderá ao valor de $I_{\text{QAr}} = 45$.

Tabela 21 – Adaptação para a montagem do Índice de qualidade do ar

Índice CETESB	I_{QAr}
0 – 50	80 – 100
50 – 100	60 – 80
100 – 200	45 – 60
200 – 300	30 – 45
300 – 400	15 – 30
400 – 500	0 – 15

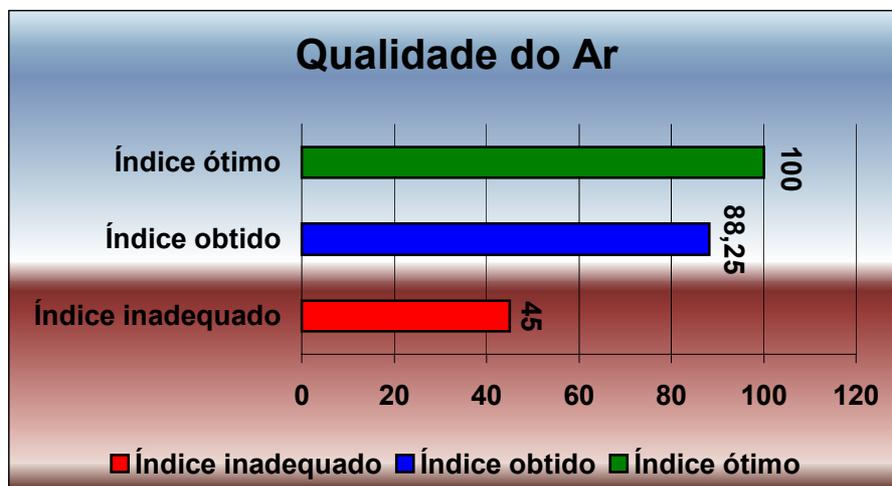


Figura 21 – Índice relativo a qualidade do ar

4.3 – Montagem do Índice de Qualidade do Meio Ambiente - IQMA

O Índice de Qualidade do Meio Ambiente de Tubarão (IQMA), será representado por um número compreendido entre 0 e 100. Um número próximo de zero corresponde as piores condições ambientais, enquanto que um número próximo de 100, corresponde as melhores condições ambientais.

O medidor gráfico que revelará o IQMA será construído, de forma similar ao *Barômetro da Sustentabilidade*, proposto por Prescott-Allen, tendo as seguintes características:

a) Será uma escala de rendimento, combinando indicadores ao qual o usuário possa associar um valor de rendimento;

b) A escala será composta por dois eixos: um para o índice de pressão sobre o meio ambiente, que representam o potencial de danos ambientais causados pela ação antrópica, e o outro para o índice de estado ambiental, que representam a situação atual do meio ambiente. As conclusões sobre pressão e estado do meio ambiente serão assinaladas com pontos sobre os respectivos eixos. A interseção dos pontos proporcionará uma informação geral sobre a qualidade ambiental no município;

c) Um resultado baixo (piores condições ambientais) em um eixo anulará um resultado alto (melhores condições ambientais) no outro, fazendo uma compensação da leitura;

d) A escala de 0 - 100 é dividida em cinco campos de qualidade ambiental permitindo que o usuário faça o controle da escala definindo um ou mais setores;

e) A definição dos setores da escala implica numa série de considerações que se inicia com as definições de pressão sobre o meio ambiente e estado do meio ambiente, e, tem seqüência com a escolha dos aspectos a avaliar e a seleção e interpretação dos indicadores;

O IQMA será resultado da agregação analítica e gráfica de indicadores através de uma média aritmética, obtendo-se um índice geral com valores compreendidos entre 0 e 100 com os seguintes níveis de qualidade ambiental, em ordem decrescente, estabelecendo-se as faixas numéricas mostradas na Tabela 22.

Tabela 22 – Faixa de valores do IQMA.

IQMA	FAIXA
Ótimo	85 – 100
Bom	70 – 85
Intermediário	50 – 70
Ruim	25– 50
Péssimo ou Crítico	0 – 25

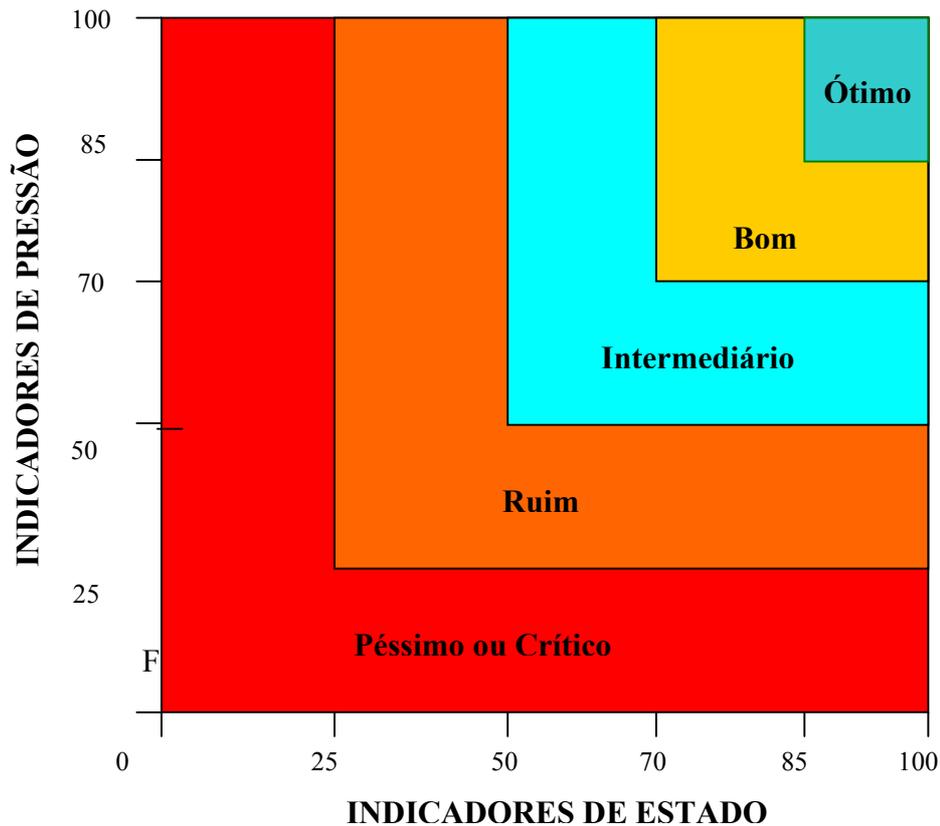
Obs.: O limite superior de cada classe vai até o decimal imediatamente inferior à classe seguinte.

Para compor o IQMA para o município de Tubarão, em função das características ambientais da área de estudo, determinou-se os seguintes graus de importância para os indicadores e/ou índices parciais, mostrados na Tabela 23.

Tabela 23 – Importância dos indicadores/índices ambientais.

INDICADORES/ÍNDICES	IMPORTÂNCIA EM %
Pressão Ambiental	
- Disposição de resíduos sólidos	40
- Efluentes domésticos lançados no ambiente	40
- Consumo de água	20
Estado do Meio Ambiente	
- Qualidade da água	40
- Qualidade do ar	40
- Taxa de cobertura vegetal	20

Os índices de estado do meio ambiente e de pressão sobre o meio ambiente (que representam a agregação de vários indicadores) serão plotados em um diagrama denominado de “Índice de Qualidade do Meio Ambiente (IQMA)” (Figura 22).



O IQMA será obtido através da seguinte expressão matemática, reformula da FAEMA:

$$IQMA = \frac{(\sum I_{PA} \cdot p_i + \sum I_{EA} \cdot p_i)}{2}$$

Onde:

I_{PA} = indicadores/índices de pressão ambiental;

I_{EA} = indicadores/índices de estado do ambiente.

p_i = peso de importância do indicador/índice.

De acordo com o valor obtido, lançou-se numa das cinco divisões do diagrama que representará as condições em que se encontra o ambiente de Tubarão. A Tabela 24 mostra os resultados obtidos.

Efetuando-se a média aritmética entre os Índices de Pressão Ambiental (27,30) e Estado do Ambiente (57,12) obtém-se o valor igual **42,21**, que será o IQMA para o município de Tubarão (Tabela 24).

O resultado obtido para o IQMA = 42,21 de acordo com a figura 23, coloca o município numa situação de qualidade ambiental na faixa classificada como “Ruim”.

Os resultados obtidos para as classes de indicadores de pressão ambiental e de estado do ambiente, demonstra claramente a forte pressão ambiental que as atividades antrópicas exercem sobre o meio ambiente no município de Tubarão, o que resulta numa qualidade ambiental insatisfatória.

Tabela 24 – Índice de Qualidade do Meio Ambiente de Tubarão – IQMA

Índice de Pressão Ambiental	Resultado
- Disposição de Resíduos Sólidos	10,02 x 0,4
- Consumo de Água	36,25 x 0,2
- Resíduos Orgânicos Lançados no Ambiente	39,86 x 0,4
MÉDIA	27,30
Índice de Estado do Ambiente	Resultado
- Qualidade da Água	44,23 x 0,4
- Qualidade do Ar	88,25 x 0,4
- Taxa de Cobertura Vegetal	20,64 x 0,2
MÉDIA	57,12
Índice de Qualidade do Meio Ambiente de Tubarão (SC) - IQMA	42,21

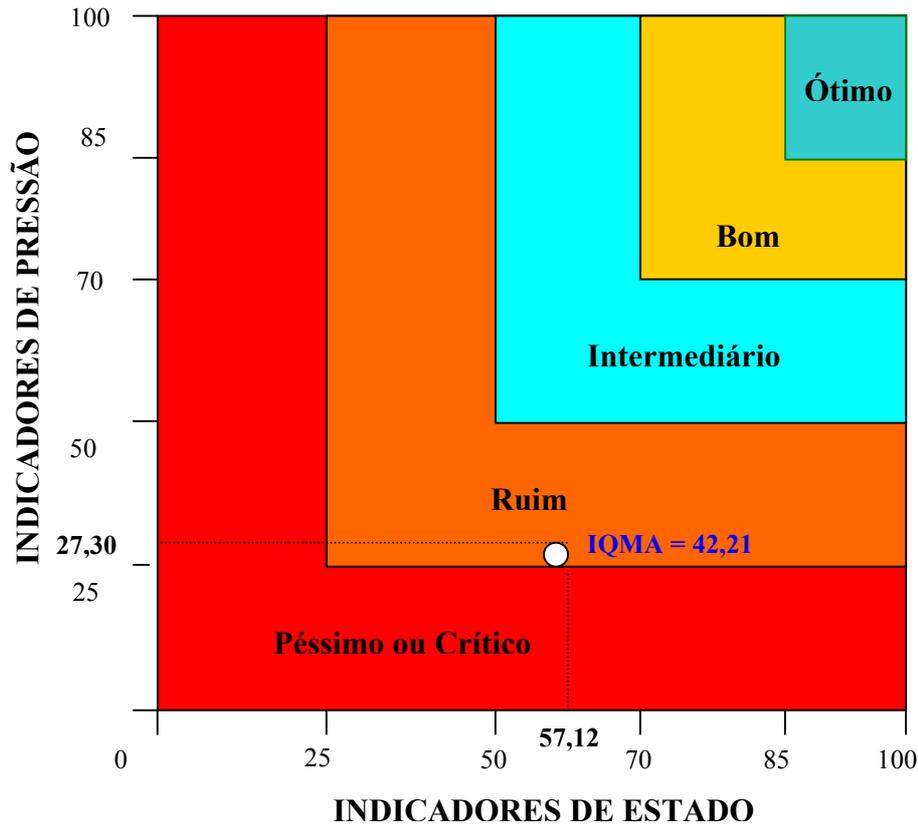


Figura 23 – Resultado do IQMA para o município de Tubarão.

4.4 – Análise Comparativa e Discussão dos Resultados

Os valores obtidos para determinados parâmetros físico-químicos analisados são preocupantes, principalmente aos relacionados com o recurso água, refletindo claramente a influência da ação antrópica sobre os recursos naturais da área de estudo.

Os parâmetros analisados para a construção do índice de qualidade da água, apresentaram as seguintes discrepâncias em relação à Resolução CONAMA n. 20/86:

- Rio Tubarão:

Nos pontos 1 e 2, os valores de oxigênio dissolvido (OD) na ordem de 4,9 mg/l e 4,1 mg/l estão abaixo do valor mínimo estabelecido pela resolução que é de 5 mg/l; enquanto que os valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) igual a 10 mg/l nos dois pontos considerados é o dobro do que estabelece a norma.

- Rio Correias:

Nos pontos 6 e 7, os valores de OD iguais a 4,1 mg/l e 3,6 mg/l encontram-se aquém do valor mínimo estabelecido pela resolução; os valores de DBO encontrados nos pontos 5,6 e 7,

respectivamente iguais a 30 mg/l, 40 mg/l e 15 mg/l encontram-se acima dos valores estabelecido pela resolução; também os valores obtidos para coliformes fecais, nos pontos 5 e 7, iguais a 1700 NMP/100 ml e 35000 NMP/100 ml encontram-se acima do valor 1000 NMP/100 ml estabelecidos; o parâmetro fosfato excedeu a resolução CONAMA, padrão igual a 0,025 mg/l, em aproximadamente 5 vezes nos pontos 4, 5 e 6, e em aproximadamente 17 vezes, no ponto 7.

- Rio Caruru:

Os valores de DBO (6 vezes maior) e de fosfato (35,6 vezes maior) foram os parâmetros que excederam a resolução.

- Rio Capivari:

Igualmente ao curso d'água anterior teve os valores de DBO (2 vezes maior) e de fosfato (2 vezes maior), que o estabelecido pela resolução.

A ausência de sistema de tratamento de esgoto e o desenvolvimento de atividades agrícolas junto às margens dos afluentes do rio Tubarão (Rio do Pouso, Caruru e Capivari) e rio Correias são os principais responsáveis pelas alterações da qualidade das águas.

No que diz respeito aos indicadores utilizados para avaliar a qualidade do ar, os parâmetros analisados, material particulado e dióxido de enxofre, tiveram as concentrações obtidas de acordo com a resolução 03/90 do CONAMA, encontram-se bem abaixo dos valores máximos permitidos.

Analisando-se alguns indicadores/índices obtidos pela mesma metodologia, os valores encontrados em Tubarão e obtidos pela FAEMA em Blumenau, nota-se grandes diferenças em favor do município do Vale do Rio Itajaí-Açú, como resíduos sólidos (10,02 de Tubarão contra 52 de Blumenau), qualidade da água (44,23 de Tubarão contra 61 de Blumenau) e cobertura vegetal (20,64 de Tubarão contra 72 de Blumenau).

Alguns resultados obtidos revelam dados significativos que deveriam ser objeto de atenção da Administração Municipal, tais como:

- O pior indicador, dentre os selecionados, é a produção de resíduos sólidos que poderá ter seu valor elevado com a implantação de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos incentivando-se o processo de reciclagem de materiais; o apoio à coleta seletiva informal realizada por catadores; o levantamento de informações das

reciclagens realizadas pelo processo produtivo; e a implantação de um aterro sanitário de acordo com normas técnicas adequadas;

- A baixa taxa de cobertura vegetal sugere a necessidade urgente de um programa de incentivo ao reflorestamento, em especial em terrenos mais acidentados localizados na área rural, junto a produtores rurais para que possam no futuro utilizar a madeira de modo sustentável, gerando renda, preservando áreas com coberturas naturais e garantindo o aumento da qualidade ambiental;
- Apesar do bom resultado do indicador de qualidade do ar, o município deveria em conjunto com a FATMA, GERASUL e/ou universidades realizar o monitoramento da qualidade do ar em unidades móveis para se obter um resultado mais expressivo. O controle de veículos automotores, em especial os movidos a diesel, devem ser continuamente monitorados uma vez que também emitem cargas de poluentes (material particulado, monóxido de carbono e dióxido de enxofre) para a atmosfera, materiais esses, que trazem graves conseqüências para a saúde humana;
- Embora se tenha encontrado o valor de I_{DHE} próximo a faixa de normalidade, o indicador de consumo de água se encontra na faixa de classificação “Preocupante”, que reflete a realidade, uma vez que na região sul do município já ocorrem atritos pelo uso da água entre rizicultores e pescadores.
- O indicador de Efluentes Domésticos lançados no Ambiente, de baixo rendimento, sugere a necessidade urgente de implantação de um sistema de tratamento de efluentes domésticos, diminuindo a pressão sobre os recursos hídricos da região, revitalizando-os e favorecendo o retorno da vida aquática. O projeto para sanear 80% da área do município em elaborado pela CASAN (ECOCONSULT, 1998), deverá sair do papel urgentemente;
- Embora o índice de qualidade da água tenha sido classificada como “Aceitável”, estudos anteriores (Marcomin, 1996; ECOCONSULT, 1998) revelam que o rio Tubarão, principal recurso hídrico do município, apresenta elevado grau de deterioração da qualidade das águas, devidos aos acúmulos de metais pesados oriundos de áreas de mineração de carvão localizadas além dos limites do município. Contudo, de uma certa maneira, poderia se esperar tal resultado, uma vez que o I_{QA} está mais relacionado com os aspectos sanitários da água para consumo;

V - CONCLUSÕES

5.1 – Conclusões

A proposta para se fazer uma avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC), através do uso de indicadores ambientais deve ser entendida como uma primeira aproximação à esta complexa questão.

A carência de dados sistemáticos e de registros de informações na Prefeitura de Tubarão e em outros órgãos governamentais (FATMA, SDM, EPAGRI, etc) constituiu-se na principal limitação deste trabalho.

A falta de dados e estatísticas ou de um Sistema de Informação Ambiental, limitam por demais o planejamento urbano e ambiental e abre-se mão de uma importante ferramenta, que são os indicadores, para direcionar o processo de tomada de decisões, e acabam-se muitas vezes gastando os poucos recursos disponíveis em áreas menos prioritárias.

A construção de um Sistema de Indicadores Ambientais, baseado no marco analítico Pressão-Estado-Resposta proposto pela OECD, para se avaliar a qualidade ambiental numa esfera municipal, mostrou resultados muito condizentes com a realidade do município de Tubarão, mesmo utilizando-se um número relativamente pequeno de indicadores ambientais.

O resultado encontrado para o Índice de Qualidade do Meio Ambiente (IQMA) para o município de Tubarão, pelo valor numérico do índice obtido (43,30), classifica-o como uma situação ambiental “Ruim”.

O resultado obtido para a qualidade ambiental de Tubarão, vem confirmar o que já foi mencionado em trabalhos anteriores como o de Zanette (1990), Bortot, & Alexandre, (1995),

Marcomin (1996) e ECOCONSULT (1998), que já relataram os sérios problemas ambientais da região e o do próprio Decreto Presidencial 85.206 de 25/09/1980, assinado no Município de Tubarão, que classificou a região como sendo a 14^a Área Crítica Nacional para fins de Controle de Poluição.

Apesar dessas confirmações, o resultado obtido para a qualidade ambiental do município de Tubarão não é absoluto. O procedimento adotado e os indicadores utilizados apontaram para esta situação.

Fica evidente, no entanto, que os indicadores conseguem tratar e transmitir de forma sintética a informação de caráter técnico e científico original, utilizando apenas variáveis que melhor definem e caracterizam os objetivos em questão.

O uso de indicadores ambientais pela Administração Municipal de Tubarão certamente seria uma preciosa ferramenta para a tomada de decisões, para a elaboração do planejamento ambiental, e como subsídio para a construção da Agenda 21 Local que esta em andamento no município e para a avaliação da qualidade ambiental, verificando as tendências do desenvolvimento sócio-econômico e da caminhada rumo a sustentabilidade.

5.2 - Recomendações

Para a realização de futuros trabalhos recomendam-se que sejam realizadas as seguintes alterações:

- Garantir a obtenção de dados que permitam relacionar o indicador de pressão ambiental com um respectivo indicador de estado do ambiente;
- O indicador Taxa de Cobertura Vegetal deverá ser mais detalhado atribuindo-se valores diferenciados para os diversos tipos de cobertura vegetal, ou seja, se é cobertura primária, secundária, reflorestamento, etc., ou ainda pela sua complexidade, poderia ser substituído pelo indicador de áreas verdes urbanas / habitante, verificando como se encontra o município em relação ao valor sugerido pela ONU de 12 m²/habitante;
- O índice de toxidade (IT) deveria ser realizados em todos os pontos onde foram avaliados o índice de qualidade da água, uma vez que estudos anteriores (Marcomin, 1996; ECOCONSULT, 1998) apontam sérios problemas de deterioração da qualidade dos mananciais;

- A utilização de outros novos indicadores de pressão ambiental e de estado do ambiente listados na Tabela 09 para serem agregados aos respectivos índices e tornar o resultado do trabalho mais significativo.
- Juntamente com estas duas classes de indicadores, a Administração Municipal poderia selecionar indicadores de resposta social como forma de mitigar as ações que provocam stress ambiental e que tenham reflexos direto na qualidade do meio.
- A construção pela Administração Municipal de um Sistema de Informação Ambiental para que os dados possam ser devidamente tratados e que possam indicar direções para a tomada de decisões
- Pela sua simplicidade, a utilização do marco analítico pressão-estado-resposta, poderia ser estendida para uma avaliação, por exemplo, da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Tubarão, uma das mais degradadas do Estado de Santa Catarina, da qual o município de Tubarão, pólo regional, é um dos mais prejudicados pela poluição ambiental provocada por diversas atividades econômicas, tais como, extração, transporte e combustão de carvão mineral, suinocultura, atividades industriais, entre outras, que é gerada em municípios vizinhos.

VI – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALFARO, F. M. & OYAGUE, P. R.

Sistema Nacional de Información Ambiental. Lima, 1997.

AZAR, C., HOLMBERG, H. and LINDGREEN, K.

Socio-ecological indicators for sustainability. In: Ecological Economics, 18, pp. 89-112, 1996.

BASTISTA, P. N.

O Brasil e o desenvolvimento sustentável. In: A Amazônia e a crise da modernização. Belém: MPEG, 1994. pp. 125-133.

BELLO, C. V. V.

ZERI – Uma proposta para o desenvolvimento sustentável, com enfoque na qualidade ambiental voltada ao setor industrial. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 1998.

BORTOT, A. & ALEXANDRE, N. Z.

Programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. In: Revista de Tecnologia e Ambiente. Criciúma: FUCRI/UNESC, 1995. V. 1, n. 1. p. 55-74.

BUTTON, K.

City manangement and urban environmental indicators. In.: Ecological economics 40, 2002, pg 217-233.

CANTÚ-MARTINEZ, P. C; BADI, M.H.; SUÁREZ, A. F.; GÓMEZ-GUZMAN, L.G.

Evaluación de la calidad ambiental en el Area Metropolitana de Monterrey, N. L., México. In: Revista Salud Pública y Nutrición, Monterrey, v. 1, n. 4, oct/dic, 2000.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Índice de qualidade do ar.** Extraído de www.cetesb.sp.gov.br.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 1985.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório anual da qualidade do ar**. São Paulo: CETESB, 1996.

CUNHA, R. S.

Avaliação do desempenho ambiental de uma indústria de processamento de alumínio. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2001.

DÍAZ-MORENO, A. B.

Possibilidades metodológicas de aplicación de indicadores ambientales a nível municipal. In.: Revista de estudos ambientais, Blumenau, v. 1, n. 1, p. 77-95, jan/abr, 1999.

DIRECÇÃO-GERAL do Ambiente. **Relatório do Estado do Ambiente 1999**. Lisboa: Ministério do Ambiente, 2000-a.

DIRECÇÃO-GERAL do Ambiente. **Proposta para um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável**. Lisboa: Ministério do Ambiente, 2000-b.

ECOCONSULT. **Saneamiento Integral de la región hidrográfica “Sul Catarinense – RH-9”. Primeira fase. Diagnóstico ambiental. Primeira parte – Introducción**. Madrid (España): ECOCONSULT – Ingeniería del Medio Ambiente S. A., 1998.

EPA. **A conceptual framework to support development and use of environmental information in decision-making**.

<http://www.epa.gov/indicator/frame/contents.html>.

FAEMA. Fundação Municipal de Meio Ambiente. **Programa de indicadores ambientais para Blumenau: avaliação do índice de sustentabilidade para Blumenau (ISB) do ano de 1998**. Blumenau, 1999.

GERASUL. Centrais Geradoras do Sul do Brasil. **Resultados do Monitoramento Ambiental Região de Tubarão/Capivari de Baixo**. Capivari de Baixo: GERASUL, 2000.

GESTÃO dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATURA, 2000.

HAMMOND, A., ADRIAANSE, A., RODEMBURG, E., BRYANT, E., WOODWARD, R.

Environmental Indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, D. C.: World Resources Institute, 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. **Programa de Medio Ambiente 1995-2000**. México D. F.: Dirección General de Gestión e Información Ambiental, 1997.

ISO/FDIS 14031. **Environmental management – Environmental performance evaluation – Guidelines**. Strekkethrouh Version.

KHURE, W. L.

ISO 14031 Environmental performance evaluation EPE. New Jersey. Prentice Hall PTR.

MANTEIGA, L.

Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas. In.: Estadísticas y medio ambiente. Instituto de Estadísticas de Andalucía. Junta de Andalucía, p. 71-87, Sevilla, 2000.

MARCOMIN, F. E.

Levantamento florístico preliminar das espécies arbóreas que compõem a vegetação ciliar do rio Tubarão – Santa Catarina. Monografia de Especialização em Ecologia Aplicada. Blumenau: FURB, 1990.

MARCOMIN, F.E.

Zoneamento ambiental do Rio Tubarão – SC, através da análise de metais pesados em água, sedimento, substrato e planta e de componentes estruturais de paisagem. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Instituto de Biociências, Curso de Pós-graduação em Ecologia. UFRS, 1996.

MELO, J. J.

SPIA – Sistema pericial para aplicação e análise de índices ambientais. Lisboa, 1996.

MENDONÇA, M.

Indicadores de qualidade e produtividade – como medir a qualidade e produtividade de qualquer processo organizacional. Linkquality, 1997.

MERICO, L. F. K.

Introdução à economia ecologia. Blumenau: Ed. da FURB, 1996.

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, p. 59-67, abr/jun, Blumenau, FURB, 1997.

MOTA, S.

Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 279p.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. **Core set of indicators for environmental performance reviews.** Paris: OECD, 1993.

PRESCOTT-ALLEN, R.

Barometer of sustainability: a method of assessing progress toward sustainable societies. Victoria: PADATA, 1995.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUBARÃO. **Estratégias para um diagnóstico integral como base para a recuperação da Bacia do Rio Tubarão.** Tubarão, 1997.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUBARÃO. **Dados Básicos do Município.** Tubarão, 2001.

RUFINO, R. C.

Impacto Ambiental causado pela suinocultura na microbacia do rio Cachorrinhos. Monografia de Especialização em Gestão Ambiental. Criciúma: UNESC, 1999.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Fundação do Meio Ambiente. Coordenadoria Regional Sul. **Programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.** Criciúma, 1995.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral.** Florianópolis, 1997.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Diagnóstico dos recursos hídricos e organização dos agentes da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.** Florianópolis, 1998.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.** Florianópolis, 2001.

TIBOR, T. & FELDMAN, I.

ISO 14000: um guia para as normas de gestão ambiental. São Paulo: Futura, 1996.

WINOGRAD, M.

Marco conceptual para o desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para la toma de decisiones en Latinoamerica y el Caribe / Conceptual framework to develop and use environmental and sustainability indicators for policy-making in Latin America and the Caribbean. Position Paper, Proyecto CIAT/UNEP, CIAT, Cali, 1995.

WINOGRAD, M.

Desarrollo y uso de indicadores ambientales para la planificación y la toma de decisiones en la Corporación Autónoma Regional del Risaralda: Marco Conceptual e Aplicación. Proyecto CIAT-UNEP/CARDER, Cali, 1996.

ZANETTE, A.

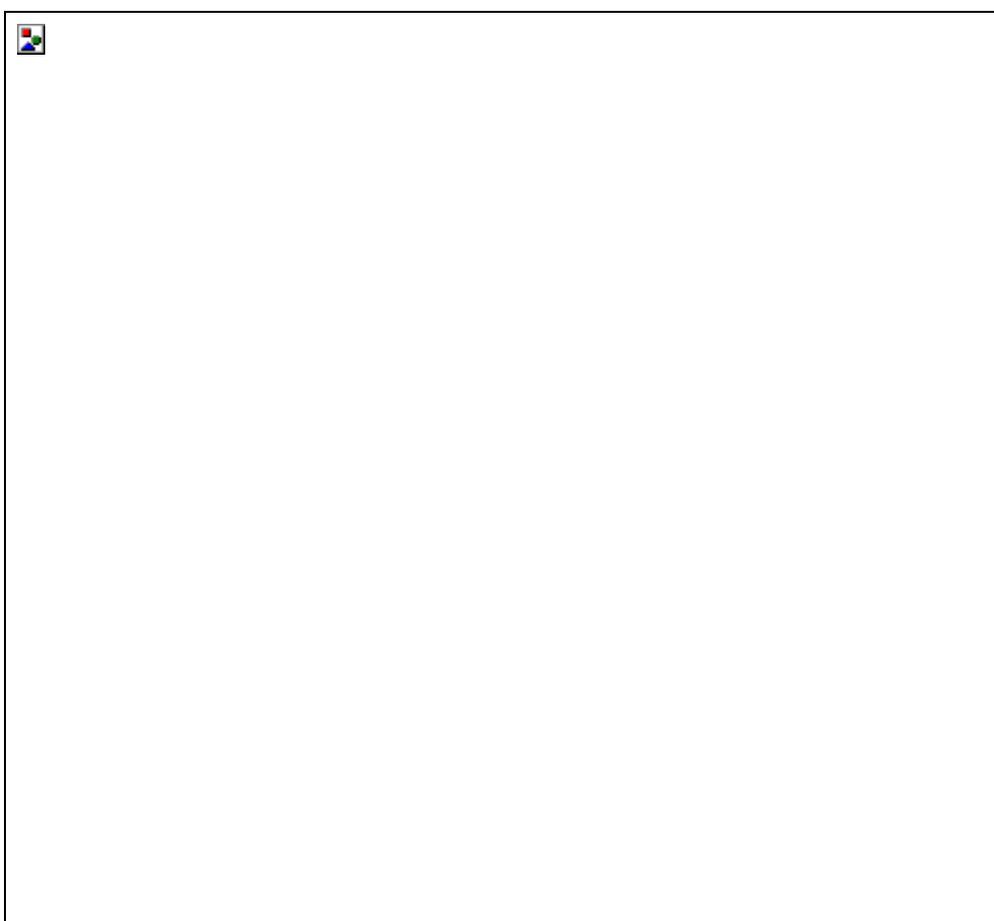
Impacto ambiental causado pela mineração na Bacia Carbonífera Catarinense. In.: IV Seminário nacional sobre universidade e meio ambiente. Florianópolis: SEMA/IBAMA/UFSC, 1990.

ZULAUF, W.

Estruturação dos municípios para a criação e implementação do Sistema de Gestão Ambiental. ECOLATINA: Belo Horizonte, 2000.

ANEXOS

Anexo 01 – Barômetro de Sustentabilidade.



Anexo 02 – Características Geoambientais do Município de Tubarão.

Aspectos Físicos

Com base em Santa Catarina (1986), descreve-se a seguir os seguintes aspectos físicos da área de estudo:

1 - Geologia

Do ponto de vista geológico a área de estudo pode ser assim dividida:

Áreas do Escudo Atlântico: estão situadas entre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, à oeste, e com as coberturas recentes como os depósitos lacustres, à leste.

Neste domínio encontram-se os terrenos cristalinos, metamórficos e anquimetamórficos que estão divididos em fraturas que fazem separar em elementos tectônicos; o ocupado pela área de estudo é o Cróton Dom Feliciano.

O substrato petroctônico corresponde ao Complexo Canguçu. Na Bacia Hidrográfica do rio Tubarão este complexo se estende de Orleans até as proximidades da cidade de Tubarão.

Áreas de Rochas Granitóides: são massas rochosas de tamanhos variáveis que afloram rodeadas de sedimentos quaternários, podendo ser divididas em dois grupos: Suite Intrusiva Pedras Grandes (de microclínio-granitóides de textura grosseira) e Suite Intrusiva do Tabuleiro (de ortoclásio-granitóide de textura fina).

Estas rochas têm origem magmática e são de difícil posicionamento espacial.

Áreas de Depósitos de Sedimentos Quaternários: foram produzidos por depósitos sedimentares não consolidados, formados em ambientes marinhos, fluvial, lagunar, eólico ou misto durante o Holoceno. São compostos por areias, argilas, seixos, cascalhos e material siltico argiloso, com ocorrência de concheiros e sambaquis.

Ocorrem desde a periferia da cidade de Tubarão até a região da foz do rio de mesmo nome.

2 - Geomorfologia

Na área do município de Tubarão podem ser identificadas três unidades geomorfológicas:

Serras do Leste Catarinense: a característica principal desta unidade geomorfológica é dada pela seqüência de serras disposta de forma subparalela.

As altitudes tornam-se paulatinamente mais baixas na direção do litoral, terminando em pontais, penínsulas e ilhas.

Planícies Colúvio-Aluvionar: correspondem a uma superfície plana levemente inclinada para leste, em alguns trechos descontínuos, localizados entre as Planícies Costeiras e a Depressão da Zona Carbonífera.

É área de transição entre influências continentais e marinhas, no que se refere à deposição.

Quase a totalidade da área do município de Tubarão está encerrada nesta unidade.

Planícies Costeiras: ocupam uma faixa junto ao Oceano Atlântico, onde existem diversas praias e dunas que evidenciam a predominância de ações e processos marinhos e eólicos. Corresponde à área de depósitos sedimentares.

O principal sistema fluvial de drenagem é o rio Tubarão.

3 – Hidrografia

O principal curso d'água do município, rio Tubarão, é integrante do sistema de drenagem da vertente do Atlântico, e que é oriundo da junção dos rios, Rocinha e Bonito, na altura da cidade de Lauro Muller, cujas nascentes estão nos contrafortes da Serra Geral. O rio Tubarão percorre aproximadamente 120 km até desembocar na Lagoa de Santo Antônio dos Anjos, no município de Laguna. No município de Tubarão, o rio corta a cidade no sentido de oeste para leste.

Dentro da área de estudo, destacam-se os afluentes:

- pela margem esquerda: rio Capivari, rio do Pouso, rio Caruru e rio Sanga da Areia;

- pela margem direita: rio Pedrinhas.

De acordo com ECOCONSULT (1998), o fluxo médio do rio Tubarão é de 50 m³/s. O fluxo máximo acontece nos meses de fevereiro e março enquanto que o mínimo, acontece entre os meses de março a setembro, que não chega a apresentar fluxos de descarga de 10 m³/s, embora a média se situe em torno de 20 m³/s.

No final do seu curso (baixo rio Tubarão), há a formação de um complexo lagunar, que, na área do município, destaca-se a lagoa da Manteiga (2,77 km² de extensão), e, entre Tubarão e Jaguaruna, destacam-se as lagoas do Camacho, com 6,32 km² e da Garopaba do Sul, com 18,20 km².

4 - Clima

Segundo a classificação climática de Thornthwaite, o clima é enquadrado como mesotérmico, úmido, com precipitação total anual de 1280 mm, com umidade relativa do ar oscilando em torno de 82%. A temperatura média anual está em torno de 20 °C.

Pelo sistema de Köppen, a área se enquadra no tipo climático do grupo C, mesotérmico, já que as temperaturas do mês mais frio estão entre 3°C e 18°C, além disso, pertencem ao tipo úmido(f), pois não existe estação seca definida, com temperaturas médias de verão elevadas (Cfa).

A precipitação total, de acordo com dados obtidos por Santos (1992), junto a EPAGRI, entre 1924-1985, foi mais elevada nos meses de janeiro a março e setembro, enquanto que, as maiores estiagens ocorrem entre maio e julho.

5 - Hipsometria

O município de Tubarão está localizado em terreno plano variando entre 02 m e 569 m acima do nível do mar, com uma altitude média de 09 m.

De acordo com as cartas do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na escala de 1:50.000, as altitudes no município de Tubarão variam desde próximo ao nível do mar até cotas altimétricas superiores a 500 metros. Na região correspondente ao delta do rio Tubarão ocorre grandes áreas planas com altitudes inferiores a 100 metros.

6 - Vegetação

O município de Tubarão está inserido numa região de domínio da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica). A influência oceânica, que propicia um elevado índice de umidade, permitiu o desenvolvimento de uma floresta com grande variedade de forma de vida e elevado contingente de espécies endêmicas.

Essa floresta é formada por várias espécies de árvores, arvoretas, arbustos, palmeiras, ervas, epífitas e lianas que compõem suas comunidades vegetais. As canelas, os guamirins, a bicuíba, a peroba-vermelha, o cedro, o pau-d'óleo, a figueira, o olandi e o palmitero, eram espécies arbóreas abundantes na região (Santa Catarina, 1991).

Hoje, sua maior porção acha-se descaracterizada pela ação antrópica, responsável pela extração da madeira, implantação de culturas cíclicas ou, ainda, por pastagens, restando ainda algumas áreas cobertas por vegetação secundária.

De acordo com Santa Catarina (1997), devido a expansão da atividade agrícola e da grande retirada de madeiras de boa qualidade, a situação fitoecológica encontra-se muito alterada, sendo, segundo a FATMA a região do Estado que apresenta menor índice de cobertura vegetal, com somente 26% do total da área.

Hoje, sua maior porção acha-se descaracterizada pela ação antrópica, responsável pela extração da madeira, implantação de culturas cíclicas ou, ainda, por pastagens, restando ainda algumas áreas cobertas por vegetação secundária.

7 - Solo

O solo predominante na área de estudo é classificado como solos do tipo Litólicos que se caracterizam por apresentar horizonte A, de pouca profundidade (0,15 a 0,40 m), com cor

e texturas variáveis, dependendo do tipo de material de origem e das condições climáticas. Este horizonte pode estar sobre rocha ou pedras, calhaus e materiais semi-alterados.

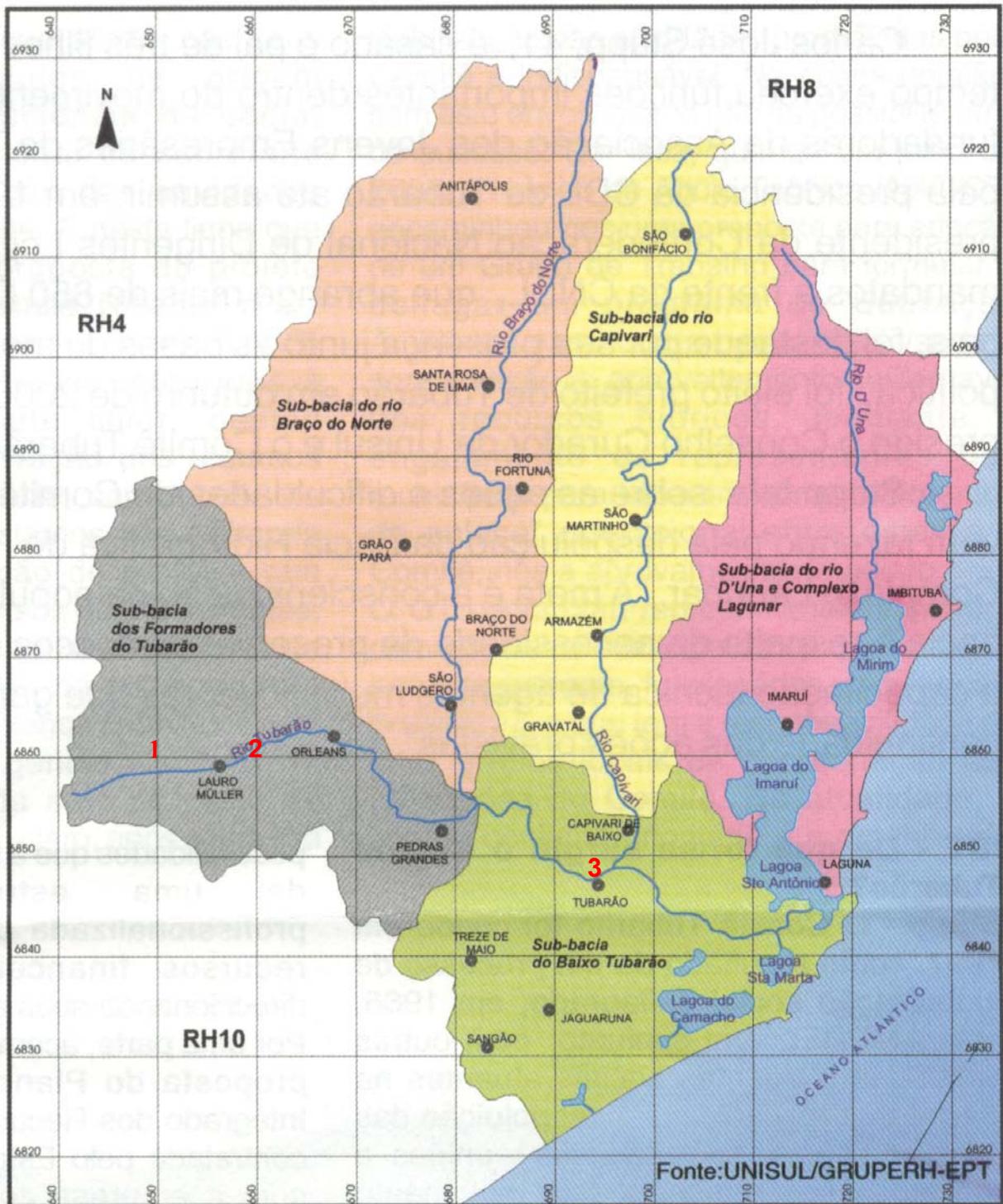
Há ocorrência também de solo do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, profundo (de 1 m a 2 m), bem drenado, cuja característica principal é a grande diferença entre o horizonte A (mais arenoso) e o horizonte B (mais argiloso).

Este tipo de solo encontra-se em locais de relevo ondulado e fortemente ondulado, por isso necessitando de cuidados para evitar a erosão quando utilizados. A fertilidade natural desses solos é baixa e são utilizados principalmente para pastagem natural e culturas de subsistência.

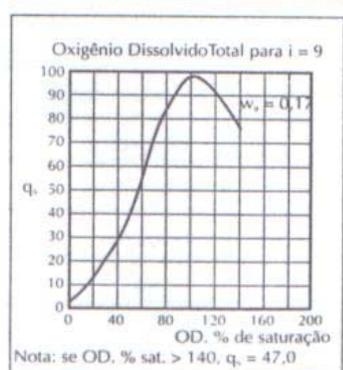
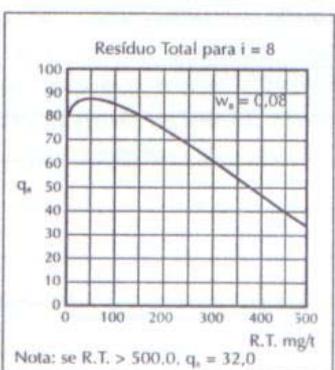
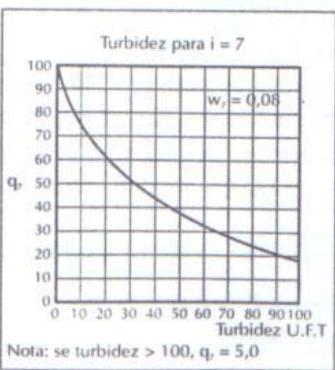
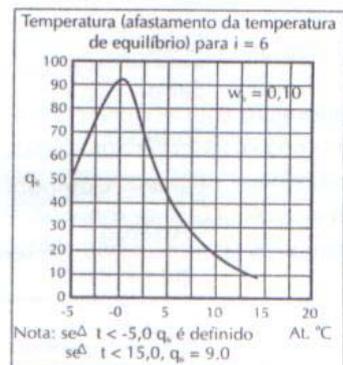
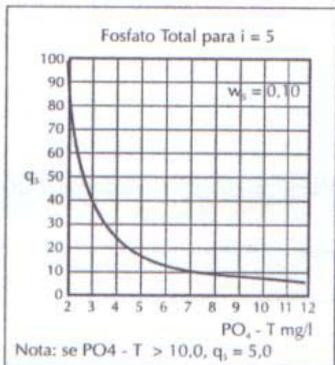
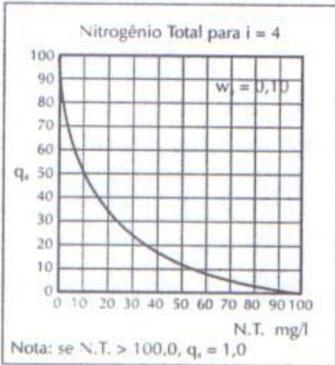
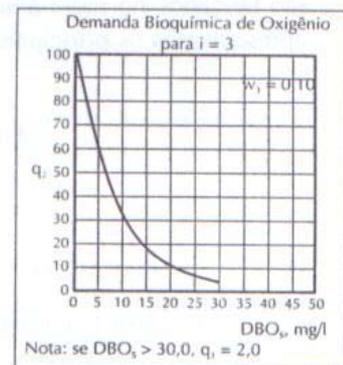
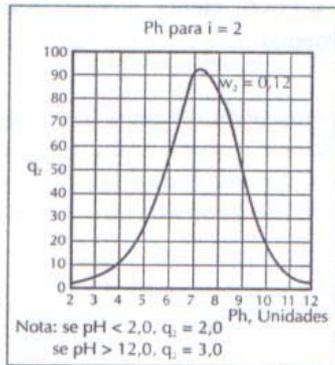
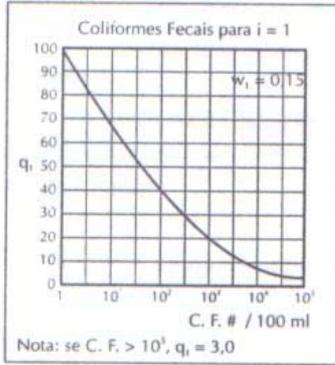
Os solos do tipo Cambissolo apresentam profundidade entre 0,5 e 1,5 m. São solos em processo de desenvolvimento e com material de origem na massa do solo. Ocorrem nesta área em locais de relevo plano a ondulado, próximo aos rios. Sua fertilidade é variável.

Junto ao delta do rio Tubarão aparece os solos do tipo Orgânico espalhados por áreas de relevo plano ou suavemente ondulado, sujeitos a inundações periódicas, onde se cultivam hortaliças, cana-de-açúcar e arroz irrigado.

Anexo 03– Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão – Pontos de Análise de Água.



Anexo 04 – Curvas dos parâmetros que compõem o IQA.



Anexo 05 – Resultado dos parâmetros analisados a para a construção do I_{QA}**Rio Tubarão**

Parâmetros/ estações	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Temp. da água (°C)	22	21	22,2
pH	6,23	6,91	7,52
OD (mg/l)	4,9	4,1	6,9
DBO (mg/l)	10	10	5,0
Coli. Fecais (NMP/100ml)	ND	ND	ND
Nitrogênio total (mg/l)	ND	0,085	0,10
Fosfato (mg/l)	<0,001	<0,001	ND
Sólidos totais (mg/l)	60	30	123
Turbidez (ftu)	18	29	10

Fonte: UNISUL.

Rio Correias

Parâmetros	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
temp. da água (°C)	23,4	22,9	23,7	24
pH	7,48	7,47	6,97	7,3
OD (mg/l)	7,1	6,6	4,1	3,6
DBO (mg/l)	4,0	40	30	15,0
coli. fecais (NMP/100ml)	<2	1.700	<2	35.000
nitrogênio total (mg/l)	0,09	0,10	0,14	0,09
fosfato (mg/l)	0,12	0,12	0,12	0,43
sólidos totais (mg/l)	150	80	101	136
Turbidez ftu)	2,7	4,0	4,3	16

Fonte: UNISUL.

Rio do Pouso e Rio Carurú

Parâmetros/Estações	Ponto 8	Ponto 9
Temp. da água (°C)	21,9	22,0
pH	7,27	6,2
OD (mg/l)	8,6	6,6
DBO (mg/l)	20	30
Coli. Fecais (NMP/100ml)	ND	ND
Nitrogênio Total (mg/l)	0,212	0,13
Fosfato (mg/l)	<0,001	0,89
Sólidos Totais (mg/l)	165	189
Turbidez (ftu)	6,6	16,0

Fonte :UNISUL

Rio Capivari

Parâmetros/ Estações	Ponto 10
Temp. da água (°C)	19,5
Temp. do ar (°C)	18,7
pH	7,60
Condutividade (mS)	6,78
OD (mg/l)	4,7
DBO (mg/l)	10
Coli Totais (NMP/100ml)	ND
Coli Fecais (NMP/100ml)	ND
Nitrogênio Total (mg/l)	0,17
Fosfato (mg/l)	0,05
Sólidos Totais (mg/l)	81
Turbidez (ftu)	16

Fonte :UNISUL

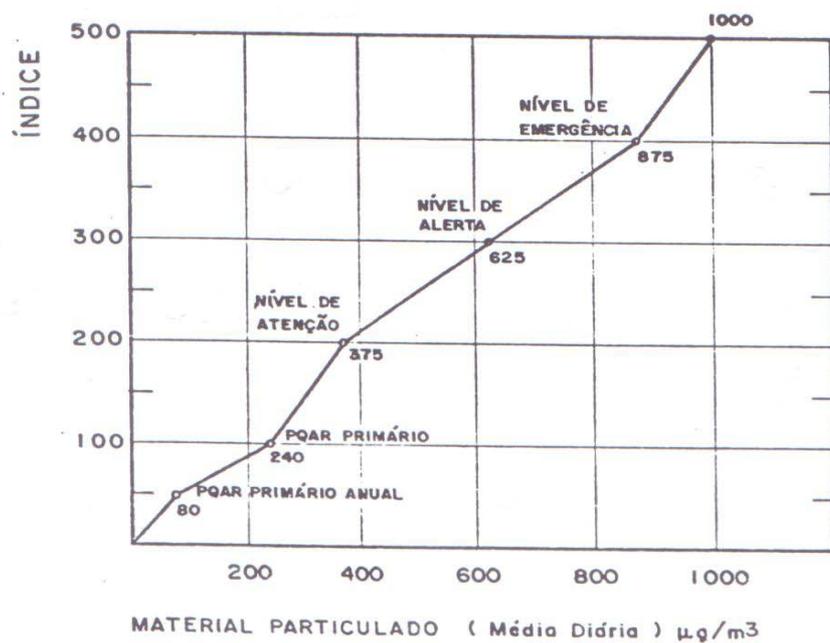
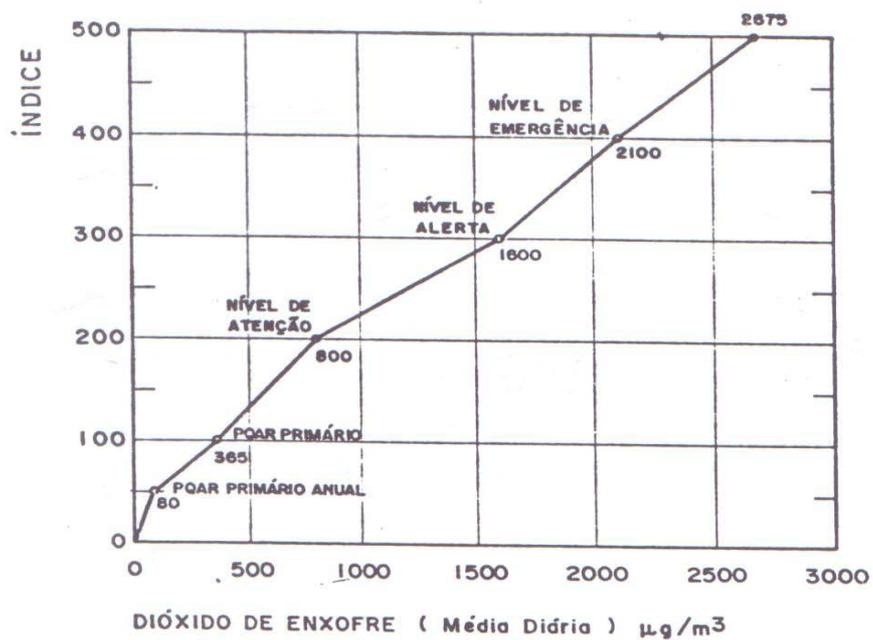
Obs.: NR - Não Realizado; ND - Não Detectado

Anexo 06 – Parâmetros analisados no Rio Tubarão para a determinação do IT

Parâmetros	Ponto 03	Padrão CONAMA
Manganês (mg/l)	0,17	0,1
Chumbo (mg/l)	0,0034	0,03
Cobre (mg/l)	ND	0,02
Zinco (mg/l)	ND	0,18

Fonte: UNISUL

Anexo 07 – Função linear segmentada utilizada determinar a qualidade do ar.



OBS. : PQAR - PADRÃO DE QUALIDADE DO AR

FONTE : EPA, "GUIDELINE FOR PUBLIC REPORTING OF DAILY AIR QUALITY - POLLUTANT INDEX"

Anexo 08 – Resultados do monitoramento de Material Particulado e Dióxido de Enxofre em
Tubarão.

Estação do bairro de São Bernardo - MP

Mês	Data	Concentração
jan/98	06/jan	29,77
	08/jan	36,34
	13/jan	46,52
	15/jan	30,45
	19/jan	66,02
	22/jan	62,76
	26/jan	45,22
	28/jan	26,77
	03/fev	28,97
	05/fev	38
	09/fev	24,02
	11/fev	30,25
	16/fev	24,88
	18/fev	45,07
	26/fev	41,27
	03/mar	36,32
	05/mar	64,82
	09/mar	89,51
	11/mar	24,64
	16/mar	25,63
	25/mar	31,84
	03/abr	53,43
	06/abr	30,69
	08/abr	68,32
	13/abr	91,44
	15/abr	66,06
	22/abr	44,1
	23/abr	20,53
	27/abr	19,31
	29/abr	25,73
	04/mai	36,57
	06/mai	33,43
	11/mai	81,59
	13/mai	26,16
	18/mai	41,19
	20/mai	66,07
	25/mai	109,71
	27/mai	42,08
	02/jun	39,26
	04/jun	45,84
	09/jun	106,61
	16/jun	44,98
18/jun	26,14	
22/jun	36,73	
25/jun	37,93	
29/jun	41,7	
02/jul	34,56	
08/jul	14,47	
09/jul	15,4	
jul/98	14/jul	23,91
	16/jul	53,42
	20/jul	48,78
	22/jul	49,07
	28/jul	54,13
	04/ago	28,62
	07/ago	43,15
	11/ago	40,32
	13/ago	21,77
	18/ago	50,47
	20/ago	28,63
	24/ago	59,44
	26/ago	40,38
	21/set	15,47
	23/set	24,17
	28/set	40,82
	06/out	32,34
	08/out	20,22
13/out	66,07	
15/out	54,53	
19/out	49,74	
21/out	78,37	

	27/out	21,87
	29/out	56,42
	03/nov	35,12
	05/nov	64,82
	10/nov	13,17
	12/nov	30,38
	17/nov	26,62
	19/nov	47,95
	23/nov	66,98
	30/nov	103,09
	03/dez	62,78
	07/dez	73,7
	09/dez	27,66
	15/dez	41,27
	17/dez	19,67
	21/dez	91,04
	23/dez	65,33
	28/dez	79,95
dez/98	29/dez	63,26

Estação do bairro de São Bernardo - SO₂

Mês	Data	Concentração
jan/98	06/jan	33,42
	08/jan	27,03
	13/jan	14,88
	15/jan	0,00
	19/jan	8,13
	22/jan	8,58
	26/jan	0,00
	28/jan	60,27
	03/fev	87,38
	05/fev	30,77
	09/fev	40,10
	11/fev	4,07
	16/fev	22,82
	18/fev	27,63
	26/fev	11,95
	03/mar	12,64
	05/mar	32,98
	09/mar	3,96
	11/mar	6,67
	16/mar	3,29
	03/abr	14,72
	06/abr	33,50
	08/abr	14,75
	13/abr	21,67
	15/abr	6,96
	22/abr	12,05
	23/abr	1,52
	27/abr	47,09
	29/abr	3,94
	04/mai	30,30
	06/mai	13,37
	11/mai	27,45
	13/mai	41,75
	18/mai	3,93
	20/mai	45,50
	25/mai	36,14
	02/jun	36,14
	04/jun	26,78
	08/jun	26,23
	09/jun	14,19
	16/jun	1,47
	18/jun	8,06
	22/jun	11,96
	25/jun	27,48
	29/jun	4,30
	02/jul	7,70

	08/jul	6,16
	09/jul	13,38
	14/jul	0,00
	16/jul	6,47
jul/98	20/jul	7,48
	22/jul	9,92
	28/jul	16,28
	30/jul	24,29
	04/ago	3,98
	07/ago	6,52
	11/ago	0,94
	13/ago	16,24
	18/ago	33,86
	20/ago	3,52
	24/ago	4,05
	26/ago	40,25
	01/set	0,00
	03/set	17,84
	08/set	21,73
	10/set	0,00
	14/set	3,94
	16/set	0,00
	21/set	0,00
	23/set	19,27
	28/set	41,92
	06/out	7,00
	08/out	43,22
	13/out	0,00
	15/out	11,30
	19/out	20,54
	21/out	0,00
	27/out	0,00
	29/out	3,99
	03/nov	25,23
	05/nov	9,26
	10/nov	0,00
	12/nov	0,00
	17/nov	26,28
	19/nov	21,21
	23/nov	13,30
	26/nov	27,19
	30/nov	17,00
	03/dez	65,41
	07/dez	29,40
	09/dez	0,00
	15/dez	3,98
	17/dez	39,55
	21/dez	1,42
	23/dez	1,54
	28/dez	4,27
dez/98	29/dez	4,24

Estação do bairro de Vila Moema – MP

Mês	Data	Concentração
jan/98	06/jan	29,91
	08/jan	48,45
	13/jan	43,47
	15/jan	39,84
	19/jan	89,11
	22/jan	70,31

	26/jan	39,92
	28/jan	30,90
	03/fev	29,82
	05/fev	31,23
	09/fev	27,20
	11/fev	39,89
	16/fev	27,31
	18/fev	40,02
	26/fev	51,66
	03/mar	45,14
	05/mar	56,18
	09/mar	87,62
	11/mar	39,62
	16/mar	36,14
	18/mar	25,87
	23/mar	56,15
	25/mar	48,91
	31/mar	44,49
	03/abr	80,65
	06/abr	38,06
	08/abr	62,27
	13/abr	80,58
	22/abr	32,71
	23/abr	34,88
	27/abr	25,82
	29/abr	45,63
	04/mai	65,21
	11/mai	187,46
	13/mai	29,84
	20/mai	78,03
	25/mai	76,11
	27/mai	67,37
	04/jun	81,43
	08/jun	133,08
	09/jun	120,88
	16/jun	57,01
	18/jun	37,42
	22/jun	47,34
	25/jun	53,99
	29/jun	56,32
	02/jul	49,67
	08/jul	23,50
	09/jul	31,09
jul/98	14/jul	31,95
	16/jul	43,37
	20/jul	54,65
	22/jul	45,13
	28/jul	34,13
	04/ago	34,08
	07/ago	40,51
	11/ago	33,18
	13/ago	31,39
	18/ago	39,13
	20/ago	35,28
	24/ago	56,35
	26/ago	53,18
	01/set	95,45
	03/set	77,92
	08/set	48,16

	10/set	53,07
	14/set	36,42
	23/set	28,63
	06/out	51,77
	13/out	45,94
	15/out	49,64
	19/out	42,12
	21/out	99,91
	27/out	25,64
	29/out	58,38
	03/nov	43,14
	05/nov	91,03
	10/nov	21,82
	12/nov	42,64
	17/nov	36,61
	19/nov	40,71
	23/nov	62,76
	26/nov	181,79
	30/nov	189,17
	03/dez	81,98
	07/dez	76,64
	09/dez	57,37
	15/dez	62,03
	17/dez	51,85
	21/dez	164,62
	23/dez	87,33
	28/dez	133,64
dez/98	29/dez	110,15

Estação do bairro de Vila Moema – SO₂

Mês	Data	Concentração
jan/98	06/jan	83,71
	08/jan	32,38
	13/jan	40,32
	15/jan	4,96
	19/jan	51,11
	22/jan	6,78
	26/jan	39,11
	28/jan	39,29
	03/fev	51,21
	05/fev	10,04
	09/fev	32,84
	11/fev	2,77
	16/fev	14,32
	18/fev	20,75
	03/mar	12,92
	05/mar	6,92
	11/mar	8,50
	16/mar	16,89
	18/mar	4,19
	23/mar	7,41
	25/mar	0,56
	31/mar	6,80
	03/abr	15,72
	06/abr	70,69
	08/abr	15,52
	13/abr	4,31

	15/abr	20,97
	22/abr	14,95
	23/abr	0,00
	27/abr	28,76
	29/abr	1,54
	04/mai	54,37
	06/mai	1,46
	11/mai	21,97
	13/mai	40,03
	18/mai	20,53
	20/mai	16,82
	25/mai	29,65
	27/mai	32,83
	02/jun	31,52
	04/jun	129,10
	08/jun	19,27
	09/jun	21,95
	16/jun	146,20
	18/jun	4,40
	22/jun	42,10
	25/jun	10,32
	29/jun	13,15
	02/jul	0,00
jul/98	08/jul	0,00
	09/jul	48,33
	14/jul	8,01
	16/jul	4,15
	20/jul	10,25
	22/jul	7,77
	28/jul	21,51
	30/jul	42,83
	04/ago	6,32
	07/ago	12,73
	11/ago	0,00
	13/ago	8,43
	20/ago	0,00
	24/ago	0,00
	26/ago	18,39
	01/set	0,00
	03/set	0,00
	08/set	22,94
	10/set	6,94
	14/set	0,00
	16/set	5,15
	21/set	0,00
	23/set	14,31
	28/set	3,04
	06/out	19,68
	08/out	0,00
	13/out	6,67
	15/out	16,37
	19/out	27,16
	21/out	0,00
	29/out	18,88
	03/nov	80,82
	05/nov	47,07
	10/nov	12,42
	12/nov	77,28

	17/nov	3,70
	19/nov	49,38
	23/nov	27,70
	26/nov	14,43
	30/nov	23,54
	03/dez	18,48
	07/dez	38,77
	09/dez	16,76
	15/dez	19,46
	17/dez	0,00
	21/dez	81,26
	23/dez	26,49
	28/dez	6,67
dez/98	29/dez	1,53

Anexo 09 - Resolução Nº 03 do CONAMA

RESOLUÇÃO/conama/N.º 003 de 28 de junho de 1990

Publicada no D.O.U, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e,

Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 0231, de 27.04.76, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR, RESOLVE:

Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º - Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

I - Partículas Totais em Suspensão

a) Padrão Primário

1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro

cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de urna vez por ano.

III - Partículas Inaláveis

a) Padrão Primário e Secundário

1- concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

IV - Dióxido de Enxofre

a) Padrão Primário

1- concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2- concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mas de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de,100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mas de urna vez por ano.

V-Monóxido de carbono

a) Padrão Primário e Secundário

1- concentração médio de 8 (oito) horas de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2 - concentração média de 1 (urna) hora de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VI-Ozônio

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 1 (uma) hora de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VII - Dióxido de Nitrogênio

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.

b) Padrão Secundário

1- concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa)

microgramas por metro cúbico de ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:

a) Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumes ou Método Equivalente.

b) Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.

c) Partículas Inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.

d) Dióxido de Enxofre - Método de Pararonasilina ou Método Equivalente.

e) Monóxido de Carbono - Método do Infra-Vermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.

f) Ozônio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

g) Dióxido de Nitrogênio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

§ 1º - Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e na ausência deles os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2º - Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3º - Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 4º - O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados.

Art. 5º - Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

§ 1º - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2º - Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3º - Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervinientes previstos e esperados.

§ 4º - As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta tem por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5º - O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. produto, igual a 65×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
4. concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezesete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);
5. concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;
6. concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;
7. concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico.
8. concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora, de 1130 (hum mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º - O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (hum mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;
2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. produto, igual a 261×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre(SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
4. concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);
5. concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
6. concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.
7. concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.
8. concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1(urna) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico:

§ 7º - O nível de Emergência será declarado quando prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. concentração de dióxido de enxofre (SO₂); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;
2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. produto, igual a 393×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro

cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);

1. concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;
2. concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;
3. concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;
4. concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º - Cabe aos Estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuar-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º - Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 6º - Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 7º - Enquanto cada Estado não deferir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução/CONAMA nº 005/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

Art. 8º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Tânia Maria Tonelli Munhoz José A. Lutzenberger