**INDICADORES AMBIENTAIS DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL LOCAL: Um estudo de caso do uso de
indicadores da qualidade do ar**

Tadeu Fabrício Malheiros

**São Paulo
2.002**

**INDICADORES AMBIENTAIS DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL LOCAL: Um estudo de caso do uso de
indicadores da qualidade do ar**

TADEU FABRÍCIO MALHEIROS

**Tese de doutorado apresentada à
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do grau de Doutor em Saúde
Pública.**

**Departamento de Saúde Ambiental
Área de concentração : Saúde Ambiental
Orientador : Prof. Dr. João Vicente de Assunção**

**São Paulo
2.002**

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos,
a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Assinatura : *Jyalkin*

Data : *01.02.2002*

51980/2010 doc

How many roads must a man walk down
Before you call him a man?
Yes, 'n' how many seas must a white dove sail
Before she sleeps in the sand?
Yes, 'n' how many times must the cannon balls fly
Before they're forever banned?
The answer, my friend, is blowin' in the wind,
The answer is blowin' in the wind.

How many times must a man look up
Before he can see the sky?
Yes, 'n' how many ears must one man have
Before he can hear people cry?
Yes, 'n' how many deaths will it take till he knows
That too many people have died?
The answer, my friend, is blowin' in the wind,
The answer is blowin' in the wind.

How many years can a mountain exist
Before it's washed to the sea?
Yes, 'n' how many years can some people exist
Before they're allowed to be free?
Yes, 'n' how many times can a man turn his head,
Pretending he just doesn't see?
The answer, my friend, is blowin' in the wind,
The answer is blowin' in the wind.

Bob Dylan

AGRADECIMENTOS

Nesta importante etapa que cumpri, meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. João Vicente de Assunção, pela orientação, paciência e incentivos dedicados.

Aos professores e colegas da Faculdade de Saúde Pública, pelo apoio e por acreditarem. Prof. Arlindo, Célia, Cintia, Rita, Mary, Silvana, Ivan, Alexandre, Megô e Célio.

Aos técnicos da CETESB de São Paulo e Jacareí, meus agradecimentos ao Eng. Renato Linke e Téc. Schmidt.

Aos pesquisadores do INPE, em especial o Prof. Marden.

E principalmente, um agradecimento muito especial à Regina e o Artur, que apoio me deram e paciência tiveram pelas muitas horas que me ausentei para concluir esta etapa.

RESUMO

Malheiros, TF. **Indicadores Ambientais de Desenvolvimento Sustentável Local: um estudo de caso do uso de indicadores da qualidade do ar**. São Paulo; 2002. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

O documento da Agenda 21 Global alerta que, para se caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável, há necessidade de que a informação chegue a todos, abrangendo os tomadores de decisão locais, nacionais e internacionais, as organizações de base e todos os atores da sociedade

Um indicador de desenvolvimento sustentável é um parâmetro que serve para o monitoramento da sustentabilidade de um modelo de desenvolvimento adotado para uma cidade, região ou instituição. Diversos indicadores ambientais, de saúde, econômicos já vêm sendo utilizados no processo de gestão urbana há muito tempo, inclusive dentro de padrões internacionais, mas não há ainda um consenso se estes indicadores servem para acompanhar ou medir desenvolvimento sustentável.

A incorporação dos princípios de sustentabilidade no processo de planejamento e gestão urbana requer a adequação ou criação de ferramentas que possibilitem a visualização dos objetivos e metas do desenvolvimento sustentável, uma atuação harmônica dos atores deste processo e o monitoramento do progresso alcançado.

Neste sentido, torna-se importante que se pesquise todos os indicadores existentes e em uso, uma vez que já se dispõe de histórico e experiência para diversos deles, possibilitando assim uma aplicação mais imediata, inclusive com análises temporais.

A idéia central desta pesquisa é que o indicador de qualidade do ar para o poluente material particulado tem potencial para ser utilizado na composição de um conjunto maior de indicadores de desenvolvimento sustentável urbano. Este conjunto de indicadores deverá ser estudado, desenvolvido ou ajustado para as diferentes realidades e necessidades que formam as cidades.

Para melhor entendimento da aplicação do indicador de qualidade do ar no processo de desenvolvimento sustentável, são apresentadas experiências em âmbito local e global, que ilustram as atuais tendências no que se refere ao uso dos indicadores de desenvolvimento sustentável.

Foi realizado o monitoramento da poluição por material particulado no Município de Jacareí e aplicado um modelo de dispersão de poluentes para darem subsídio ao teste das hipóteses propostas.

Descritores: Desenvolvimento sustentável. Indicador. Qualidade do ar. Material particulado. Partículas inaláveis. Partículas totais em suspensão. Planejamento urbano.

SUMMARY

Malheiros, TF. **Indicadores Ambientais de Desenvolvimento Sustentável Local: um estudo de caso do uso de indicadores da qualidade do ar** [Environmental Indicators of Local Sustainable Development: a study case of the use of the air quality indicators]. São Paulo (BR); 2002. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

The document of the Agenda 21 warns that, to go toward the sustainable development, there is the need that information reaches everyone including the local decision makers, national and international base organizations and all the actors in society.

A sustainable development indicator is a parameter used to monitor the sustainability of an adopted sustainable development model for a city, region or institution. For a long time many environmental, health and economical indicators have been used for urban management process, also respecting international standards, although there is not a consensus if these indicators are helpful to gauge or monitor sustainable development yet.

Including sustainability principles in the process of planning and urban management requires adequating or creating tools to make feasible the visualization of the objectives and goals of the sustainable development, that all actors of this process work harmoniously and the monitoring of the achieved progress .

So, it is important to search all available indicators that are in use, once there is data and experience about many of them. This makes it possible to obtain a more immediate use, including time analysis.

The main idea in this research is that the air quality indicator for Particulate Material has a potential to be used in composing other indicators of urban sustainable development. Then, all these potential indicators have to be adjusted, researched or developed to each city's different realities and needs.

For better understanding the air quality indicator use in the process of sustainable development, local and global experiences are here presented, illustrating present trends to what concerns the use of the sustainable development indicators.

A monitoring project for Particulate Material was carried out and a dispersion model for pollutants was applied for the town of Jacareí to subsidize the test of the proposed hypothesis.

Descriptors: Sustainable development. Indicator. Air quality. Particulate material. Inhalible particles. Total suspended particulate material. Urban planning.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos Gerais	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 Hipóteses	17
3.2 Pesquisa Bibliográfica	18
3.3 Elaboração do Estudo de Caso sobre o Uso do Indicador de Qualidade do Ar – Material Particulado - no Município de Jacareí – SP	18
3.3.1 Fontes de Poluição do ar no Município de Jacareí	20
3.3.2 Dados Meteorológicos	28
3.3.3 Monitoramento da Qualidade do Ar	32
3.2.4 Modelagem da Dispersão Atmosférica	38
4 PLANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL LOCAL	47
5 QUALIDADE DO AR	61
5.1 Aspectos físicos-químicos da poluição do ar, e problemas de saúde pública	62

5.2 Gestão da Qualidade do Ar	70
5.3 Prevenção e Controle da Poluição do Ar	80
5.4 Qualidade do Ar nas Regiões Limítrofes	82
6 INDICADOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	90
6.1 A Pirâmide de Informações	90
6.2 Necessidade de um Sistema de Informações	97
6.3 Os Princípios de Bellagio	100
6.4 O modelo Pressão-Estado-Resposta - PER	102
6.5 Aplicação no Âmbito Internacional	104
6.5.1 Resultados Alcançados pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas	104
6.5.2 Medida da Riqueza das Nações	107
6.6 Proposta de Índices de Desenvolvimento Sustentável	111
6.6.1 Índice de Sustentabilidade Ambiental - ISA - Fórum Econômico Mundial (WEF 2000, 2001)	111
6.6.2 Pegada Ecológica	117
6.6.3 ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO	119

6.7	Experiência do desenvolvimento e aplicação dos indicadores de desenvolvimento sustentável em âmbito local – o exemplo do projeto Seattle Sustentável	120
7	CARACTERIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO URBANA DA CIDADE de JACAREÍ	124
8	RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE MATERIAL PARTICULADO REALIZADO NO MUNICÍPIO DE JACAREÍ	133
9	DISCUSSÃO	143
9.1	Comprovação das Hipóteses levantadas	143
9.2	O Uso do Indicador no Processo de Planejamento e Gestão	147
9.3	O Indicador de Qualidade do Ar em Jacareí	150
9.4	O Indicador de Qualidade do Ar no Processo de Monitoramento do Desenvolvimento Sustentável	153
10	CONCLUSÃO	155
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo da gênese dos determinantes dos agravos à saúde e qualidade de vida da população humana.	4
Figura 2 - Processo de deposição e ressuspensão por veículos de material particulado.	25
Figura 3 – Rosa do Ventos dos dados utilizados na modelagem para o estudo da dispersão de material particulado no município de Jacareí, para o período de setembro de 1999 a agosto de 2000.	30
Figura 4 – Vista geral de localização dos pontos de monitoramento no Município de Jacareí.	34
Figura 5 – Vista aérea do ponto de monitoramento 1 (Prefeitura) (sem escala).	35
Figura 6 – Vista aérea do ponto de monitoramento 2 (Coleginho) (sem escala).	36
Figura 7 – Vista aérea do ponto de monitoramento 3 (Armco) (sem escala).	37
Figura 8 - Processo de dispersão de poluentes na atmosfera.	38

Figura 9 – Vista geral do relevo utilizado para a área considerada no modelo de dispersão.	42
Figura 10 – Localização das fontes de emissão consideradas no modelo de dispersão.	43
Figura 11 - Principais passos do modelo racional.	50
Figura 12 - O papel das atividades de gestão da qualidade do ar no processo de planejamento e gestão urbana.	70
Figura 13 - Providências tomadas conforme nível de poluição atmosférica.	76
Figura 14 - Contribuição relativa das fontes de poluição de partículas inaláveis na RMSP, em 2000.	84
Figura 15 - Contribuição das diversas fontes no MP2,5 , conforme Modelo Receptor realizado para a estação Cerqueira César.	87
Figura 16 – Pirâmide de Informações.	91
Figura 17- Exemplo de indicador de qualidade do ar. Médias aritméticas anuais no interior e Cubatão para 2000.	94
Figura 18 – “Diagrama de Dala” proposto por Meadows.	99
Figura 19 – O modelo Pressão – Estado – Resposta.	103

Figura 20 – Como o Índice piloto foi construído.	113
Figura 21 – Foto da Estação Ferroviária do município de Jacareí (sem data).	125
Figura 22 – Áreas de interesse arqueológico.	126
Figura 23 – Localização geográfica do município de Jacareí no Vale do Paraíba.	127
Figura 24 – Crescimento populacional para o município de Jacareí, conforme anos censitários.	130
Figura 25 - Evolução histórica da mancha urbana do município de Jacareí, para os anos de 1938, 1960, 1970, 1980, 1990 e 2000.	131
Figura 26 – Resumo da evolução histórica da mancha urbana da cidade de Jacareí.	132
Figura 27 - Gráfico da concentração do poluente Material Particulado, para Partículas Inaláveis – PI, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme pontos de monitoramento em Jacareí, 2000.	138
Figura 28 - Valores da 1ª máxima de concentração do poluente Material Particulado, para Partículas Inaláveis – PI, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme pontos de monitoramento em Jacareí, 2000.	138

Figura 29 - Gráfico do resultado da modelagem matemática para Jacareí, conforme cenários e fontes consideradas. 140

Figura 30 - Mapa de Jacareí com a indicação dos pontos da 1ª máxima, conforme os cenários 1, 2 e 3, considerando todas as fontes. 141

Figura 31 - Exemplos de dimensões do Desenvolvimento Sustentável, que podem ser captadas pelo indicador de qualidade do ar para o poluente Material Particulado. 144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média das mudanças climáticas observadas em áreas urbanas em relação ao ambiente rural.	7
Tabela 2 - Parâmetros do cálculo das emissões da Rodovia Pres. Dutra, conforme cenários.	27
Tabela 3 – Parâmetros do cálculo das emissões das principais vias urbanas de tráfego, conforme cenários.	27
Tabela 4 – Valores utilizados no cálculo do peso médio dos veículos, para a Rodovia Dutra e as principais vias urbanas de tráfego, conforme cenários.	28
Tabela 5 - Distribuição de frequência conforme direção (soprando de) e velocidade dos ventos, para o Município de Jacareí, no período de setembro de 1999 até agosto de 2000.	31
Tabela 6 - Resumo das características das fontes de emissão tipo pontual (indústrias).	44
Tabela 7 - Resumo das características das fontes de emissão tipo área.	45
Tabela 8 - Resumo das características das fontes de emissão tipo linear.	46
Tabela 9 - Classificação dos poluentes atmosféricos conforme estado físico.	63

Tabela 10 - Comparação entre as características de partículas finas e partículas grossas.	64
Tabela 11 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera.	69
Tabela 12 - Padrões nacionais de qualidade do ar.	74
Tabela 13 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar.	75
Tabela 14 – Estrutura do índice de qualidade do ar utilizado pela CETESB.	79
Tabela 15 - Fatores médios de emissão de veículos leves novos.	80
Tabela 16 - Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2000.	83
Tabela 17 – Resumo dos dados de MP2,5 da estação Cerqueira César – Município de São Paulo, para ano 2000.	86
Tabela 18 - Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar no município de São José dos Campos em 2000.	89
Tabela 19 – Exemplo de dados estatísticos. Dados pluviométricos da Estação Climatológica de São Paulo, para o ano de 2000.	92
Tabela 20 - Exemplo de dados estatísticos sobre qualidade do ar para o poluente Partículas Inaláveis - PI.	93

Tabela 21- Os Princípios de Bellagio propostos para avaliação do processo de Desenvolvimento Sustentável.	101
Tabela 22 – Indicador de Riqueza das Nações, apresentado conforme riqueza per capita, conforme regiões, 1994.	111
Tabela 23 – Índice de Sustentabilidade Ambiental para os anos 2000 e 2001	116
Tabela 24 - Pegadas ecológicas para algumas nações, e os respectivos déficits.	118
Tabela 25 - Índice de Desenvolvimento Humano, conforme países, para os anos 1975,1985,1995 e 1999.	120
Tabela 26 - Índice de Desenvolvimento Sustentável – IDH para Jacareí, São José dos Campos e São Paulo, conforme anos censitários e crescimento percentual em relação à década anterior, para os anos de 1970, 1980 e 1991.	120
Tabela 27 – Alguns Indicadores escolhidos no projeto Seattle Sustentável e a tendência de cada um.	123
Tabela 28 - Resultado do Monitoramento de Material Particulado (Partículas Inaláveis – PI e Partículas Totais – PTS) no Município de Jacareí, no período de agosto até novembro de 2000, em ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), conforme ordem crescente dos valores de PI.	133

Tabela 29 - Resultado do Monitoramento de Material Particulado (Partículas Inaláveis – PI e Partículas Totais em Suspensão – PTS) no Município de Jacareí, no período de agosto até novembro de 2000, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme ordem cronológica dos resultados do monitoramento.	134
Tabela 30 - Resumo estatístico do resultado do monitoramento de PI para o Município de Jacareí, 2000.	135
Tabela 31 - Resumo estatístico do resultado do monitoramento de PTS realizado em Jacareí, 2000.	135
Tabela 32 - Resumo da estatística dos dados coletados no monitoramento em Jacareí, 2000, para o ponto 1 – Prefeitura.	136
Tabela 33 - Resumo da estatística dos dados coletados no monitoramento em Jacareí, 2000, para o ponto 2 – Coleginho.	136
Tabela 34 - Resumo da estatística dos dados coletados no monitoramento em Jacareí, 2000, para o ponto 3 – ARMCO.	137
Tabela 35 - Resumo dos resultados da aplicação do modelo matemático de dispersão ISC3 para Partículas Totais em Suspensão – PTS, conforme cenários e fontes consideradas, para o Município de Jacareí, 2000.	139

Tabela 36 - Resumo dos resultados da aplicação do modelo matemático de dispersão ISC3 para Partículas Totais em Suspensão, conforme cenários e fontes consideradas, para o Município de Jacareí, 2000.

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente urbano apresenta uma situação de grande alteração das características naturais, onde as modificações ambientais promovidas pelo homem ao longo da história do desenvolvimento das cidades resultaram na degradação dos recursos naturais, na poluição de recursos vitais, como ar, água e solo, comprometendo inclusive a qualidade de vida urbana presente e futura das cidades.

Assim, uma cultura de desenvolvimento e consumo sem critérios ambientais, a pressão do crescimento populacional urbano, a ocupação de áreas de risco, de preservação e de interesse ecológico, e a dificuldade de suprir, na mesma velocidade, a demanda de infra-estrutura de saneamento, de educação, de lazer, e outros, resultam numa situação difícil na gestão urbana. A complexidade destes problemas precisa de ações de todos os setores da gestão da cidade para a busca de soluções integradas e sustentáveis.

MALHEIROS (1996) preparou um Guia de Desenvolvimento Sustentável, cujo objetivo foi fornecer ferramental conceitual e prático para a elaboração de um plano de desenvolvimento sustentável para municípios.

A primeira parte do guia aborda brevemente a situação atual da gestão ambiental, os problemas sócio-econômicos e ambientais existentes e os aspectos institucionais. A segunda parte do guia propõe e detalha os principais passos para a elaboração de um Plano de Desenvolvimento Sustentável – PDS para municípios.

Para que as cidades alcancem o desenvolvimento sustentável, MALHEIROS e ASSUNÇÃO (2000), MALHEIROS e PHILIPPI JR (2000) discutem a necessidade de mudanças na forma de planejar, do melhor entendimento da cidade, e da promoção do envolvimento da comunidade no processo de gestão.

Desta maneira, para a implantação de um processo de gestão ambiental,

dentro dos princípios de desenvolvimento sustentável, é essencial a criação de um sistema de informações para a orientação da tomada de decisões.

É preciso que as informações alcancem todos os atores – comunidade e governo – para possibilitar a definição conjunta de objetivos e metas, como também o estabelecimento de um sistema de avaliação do processo de planejamento e gestão para o desenvolvimento sustentável.

Um estudo realizado pela Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente - ANAMMA (LOBAS ^{CASTRO} et al. 1999), identificou alguns dos principais problemas do processo de gestão ambiental urbana no âmbito municipal. O que se verifica é que em geral a comunidade e a administração pública pouco reconhecem a importância das políticas ambientais, como também há um despreparo dos órgãos municipais de gestão frente à complexidade dos assuntos ambientais.

A pouca disponibilidade e acessibilidade a dados da situação ambiental aumentam a dificuldade da gestão ambiental no município e da conscientização da comunidade. Estes aspectos, além de outros, como a ausência de ações interdisciplinares e interinstitucionais na gestão local, dificultam a implementação de planos, programas e projetos voltados para o desenvolvimento sustentável.

Para a efetivação de uma gestão voltada para o desenvolvimento sustentável é preciso que se compreenda as causas e os efeitos da ação antrópica e dos processos naturais que podem provocar problemas ambientais, sociais e econômicos.

Uma vez que a complexidade das questões presentes num processo de gestão urbana possa ser apresentada de forma mais simples, transparente e acessível, por meio de indicadores adequados, possibilitar-se-á então que a comunidade e os tomadores de decisão tomem consciência do quadro sócio-econômico e ambiental que a cidade apresenta.

Este novo cenário permitirá portanto, um olhar diferente da situação,

favorecendo o afloramento de diversos aspectos importantes, pois estavam anteriormente ocultos por um processo convencional de planejamento e gestão, que pode não se apresentar adequado à demanda atual das cidades.

Além de sua importância nas fases de conscientização, mobilização da comunidade e execução de um Plano de Desenvolvimento Sustentável - PDS, os indicadores têm papel fundamental no monitoramento e avaliação da implantação do PDS, um vez que o processo de planejamento e gestão da cidade deve ser dinâmico e contínuo.

Uma análise dos impactos negativos da ação antrópica no meio ambiente urbano, por exemplo alterando as características bio-físico-químicas da atmosfera, possibilita correlacioná-la como um dos fatores causadores de danos à saúde do ser humano, à flora e à fauna, conforme ilustrado na Figura 1.

Desta forma, um melhor entendimento destas relações, por meio de pesquisas, estudos epidemiológicos, processos de avaliação de impacto ambiental, entre outros instrumentos, facilitará o estabelecimento de critérios de sustentabilidade de uso e ocupação do espaço urbano, de consumo de recursos naturais, de descarga de resíduos no meio ambiente, para que possam ser incorporados em políticas públicas e no processo de planejamento urbano.

Fonte : FORATTINI, 1992

Figura 1 - Esquema representativo da gênese dos determinantes dos agravos à saúde e qualidade de vida da população humana.

Por exemplo, a ação antrópica é uma causa importante no agravamento dos problemas das inundações na cidade de São Paulo. Em 1979 havia 125 pontos críticos de enchente identificados, em 1982 eram 246, e em 1992 ultrapassaram 400 pontos (SVMA, 1993). As principais modificações ambientais que levaram a este quadro são a impermeabilização excessiva do solo urbano, que aumenta o escoamento superficial das águas pluviais e diminui o seu tempo de concentração; a remoção da vegetação, que contribui para o aumento dos processos erosivos e consequentemente para o aumento do assoreamento dos cursos d'água; a disposição inadequada de resíduos sólidos que também contribui para o processo de assoreamento e a ocupação das várzeas – espaços naturais de amortecimento das cheias – por construções, estrangulando os cursos d'água.

Os problemas de saúde consequentes são o aumento de doenças transmitidas pelas águas contaminadas por efluentes domésticos e industriais, entre elas a leptospirose e as diarréias, também as perdas de vidas humanas, perdas materiais e interferência no tráfego urbano.

Neste exemplo, quais e quantos indicadores seriam suficientes para avaliação e monitoramento do problema instaurado e das soluções encaminhadas? Um indicador como número de pontos de enchentes por ano seria suficiente? Este indicador sozinho pode comunicar aos diferentes atores da gestão da cidade quanto crítico está o problema das enchentes, ou se a situação está melhorando? E a relação com os outros problemas urbanos? Quantas pessoas estão sendo atingidas, e quais parcelas da sociedade estão sendo mais afetadas? Talvez a quantidade de área permeável ou área verde por habitante possa ser um outro indicador interessante?

Outro exemplo para contribuir com esta discussão é o problema da poluição atmosférica, cujos níveis de concentração de poluentes vêm aumentando nas últimas décadas, como no caso do material particulado e dióxido de nitrogênio.

Conforme WHO (1999), nas cidades monitoradas pelo Sistema de Informações sobre a Avaliação da Qualidade do Ar (AMIS – Air Management Information System), observou-se que, para o poluente Dióxido de Nitrogênio - NO₂, aumentos das concentrações da ordem de 5 a 10% ao ano foram mais comuns do que um decréscimo. A qualidade do ar em áreas urbanas tem apresentado índices ruins, especialmente nas grandes metrópoles. Os padrões de qualidade do ar têm sido ultrapassados constantemente, agravando os problemas de saúde, desconforto e inclusive degradação de patrimônios históricos.

A questão da poluição do ar é atualmente um dos maiores problemas que a sociedade moderna vem enfrentando. De acordo com o World Bank (1995a) “o Relatório de Desenvolvimento Mundial de 1992 identificou a poluição por material particulado como uma grande ameaça à saúde pública. Em meados da década de 80, aproximadamente 1,3 bilhões de pessoas – principalmente em países em desenvolvimento – moravam em cidades que não atendiam aos Padrões de Material Particulado da Organização Mundial da Saúde – OMS. Estimava-se que se os níveis de poluição fossem reduzidos abaixo dos Padrões da OMS, poder-se-ia prevenir de 300.000 a 700.000 mortes anuais” (p. 28).

EHRLICH et al. (1977) apresenta alguns dados de diferenças microclimáticas observadas nas áreas urbanas em relação às áreas rurais. A Tabela 1 ilustra estas diferenças médias para alguns indicadores num ambiente urbano em relação ao meio urbano rural, onde o impacto da ação modificadora do meio apresenta-se menos intenso. As consequências observadas nas mudanças microclimáticas, como a diminuição da velocidade dos ventos, aumento da temperatura média, podem piorar as condições de dispersão dos poluentes, podendo contribuir para um aumento de doenças respiratórias.

Tabela 1 – Média das mudanças climáticas observadas em áreas urbanas em relação ao ambiente rural.

INDICADOR DE MUDANÇA	COMPARAÇÃO COM O AMBIENTE RURAL
TEMPERATURA (MÉDIA ANUAL)	0,5 A 1,0 °C maior
PRECIPITAÇÃO	5 a 10% maior
UMIDADE RELATIVA NO INVERNO	2% menor
VELOCIDADE DE VENTOS	20% a 30% menor

Fonte : EHRLICH et al. (1977)

A poluição do ar pode ser agravada por um processo inadequado de uso e ocupação do solo, podendo resultar em impacto negativo na saúde pública, como por exemplo no caso da instalação de indústrias com alto potencial poluidor em regiões de baixa capacidade de dispersão de poluentes ou próximas à áreas residenciais, ou de uso institucional especial, como hospitais, escola e áreas de lazer.

Outros exemplos de atividades antrópicas com potencial para aumento da poluição atmosférica em áreas urbanas são o aumento da quilometragem diária de veículos na área urbana, velocidade reduzida do fluxo de veículos, como nos congestionamentos, queima de resíduos a céu aberto, queima de combustíveis fósseis em caldeiras, processos industriais,

Desta forma, é possível se pensar, e esse será o objeto do presente trabalho, que um indicador de qualidade do ar pode dar informações se a forma gestão e planejamento da cidade estão produzindo resultados positivos dentro de princípios básicos de desenvolvimento sustentável: por exemplo, uma melhor concepção do desenho da cidade, o provimento de um adequado sistema de transporte coletivo, um maior nível de conscientização da comunidade, resultarão em um menor número de viagens ou quilômetros rodados diariamente, cuja consequência final será uma melhoria na qualidade do ar.

Uma vez que este monitoramento seja permanente, o histórico possibilitará também uma avaliação quanto à tendência da qualidade do ar nesta cidade.

No âmbito local, a carência de dados das condições microclimáticas, bem como a falta de monitoramento de poluentes atmosféricos, dificultam a definição de diretrizes ambientais para o desenvolvimento sustentável da cidade, especialmente no que diz respeito ao uso e ocupação do solo, e às interferências entre os usos industrial, residencial e sistema viário.

O termo desenvolvimento sustentável vem sendo utilizado com bastante frequência nos últimos anos, tendo sido primeiramente citado no relatório de Brundtland **NOSSO FUTURO COMUM** (ONU 1988), que define desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades das gerações presentes, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades.

Porém, foi a partir da Conferência Mundial para o Meio Ambiente de 1992 - Rio 92 - com a inserção desta questão na Declaração do Rio de Janeiro para o Meio Ambiente e Desenvolvimento e na Agenda 21, que o interesse internacional atingiu o seu pico, profissionais em geral, formadores de opinião e políticos inseriram-na em seus trabalhos e discursos.

Há atualmente um grande número de cidades e países que vêm empreendendo esforços para alcançar o rumo do desenvolvimento sustentável, porém ainda há necessidade de se pesquisar indicadores que possam avaliar e informar se os novos modelos adotados caminham para uma situação de sustentabilidade nos moldes imaginados.

O documento do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2001) cita que uma pesquisa do Conselho Internacional de Iniciativas Ambientais Locais (ICLEI – International Council for Local Environmental Initiatives) “revelou que, até novembro de 1996, mais de 1.800 cidades, em 64 países, envolveram-se em atividades de Agenda 21 Local - A21L. Entre elas, o ICLEI constatou que: 933 cidades em 43 países já tinham estabelecido um processo de

planejamento para o desenvolvimento sustentável, e outras 879 estavam apenas iniciando” (p. 12).

A complexidade das questões envolvidas no conceito de Desenvolvimento Sustentável, suas interrelações, o conceito de qualidade de vida, as demandas atuais e futuras, as quais envolvem aspectos culturais, sociais, econômicos e ambientais, vêm sendo pesquisados e discutidos em âmbitos global e local.

Um exemplo da dificuldade de aplicação prática deste conceito de desenvolvimento sustentável é o estabelecimento de taxa sustentável de consumo de recursos naturais não renováveis. Definir limites de consumo de recursos naturais pode implicar em impactos econômicos imediatos, tendo em vista o atual padrão de consumo das sociedades em geral.

MEADOWS (1998) comenta, por exemplo, que um indicador geralmente utilizado para recursos não renováveis é a quantidade de reserva conhecida e estimada de combustível fóssil – aproximadamente 1.000 bilhões de barris de reserva conhecida de óleo no mundo, mais talvez uns 500 bilhões de barris estimados, mas desconhecidos. Esta quantidade por si só não é um número que ajuda muito. É muito grande para ser imaginado, e não está relacionado às atividades diárias ou limites de consumo.

Ainda de acordo com MEADOWS (1998), é possível comparar a reserva de 1.500 bilhões de barris com as taxas recentes de consumo de óleo, que são de 25 bilhões de barris por ano, e assim colocar num valor mais compreensível : anos de consumo que ainda restam. Assim, pode-se estimar que restariam ainda 60 anos mais de óleo, com as taxas atuais de consumo. Se forem assumidas não as taxas atuais, mas uma taxa de crescimento um pouco maior do que a de crescimento populacional – 2% ao ano na média – obtém-se um número bem diferente: restariam, nessas condições, 39 anos mais de óleo, com 2% de crescimento do consumo

Com o avanço tecnológico e mais investimentos, é possível se pensar em

quanto mais óleo ainda está por ser descoberto e qual serão as taxas futuras de consumo. Diferentes estimativas produzirão diferentes tempos de vida das reservas de óleo.

MEADOWS (1997) continua o seu exemplo supondo que poderão ser descobertos quatro vezes mais óleo do que se estima atualmente. Neste caso restariam 120 anos mais de óleo com a taxa atual de consumo. Mas 38,9 anos a mais de óleo com 5% de crescimento na taxa de consumo. Porém, supondo que serão descobertos duas vezes mais óleo do que se estima atualmente, mas que a taxa de consumo vai aumentar 1% ao ano, seriam mais 58,8 anos.

Mesmo sendo muito incertas as possibilidades de descobertas e as taxas de consumo futuras, alguns cálculos do indicador de quanto tempo ainda resta para o esgotamento das reservas de óleo, aponta para uma mensagem central: o tempo é limitado e restrito a décadas, e não séculos.

Outras questões como quanto tempo será necessário para descoberta de novas matrizes energéticas ou como o setor econômico responderá ao longo do tempo e quais os impactos também necessitam de mais reflexão, se o objetivo é caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável

Depois da 2ª Guerra Mundial, conforme a Organização das Nações Unidas – ONU (UN 1997), a economia mundial cresceu mais do que cinco vezes, bem como o consumo de recursos naturais. Na década de 1970 as projeções mostravam que alguns recursos não renováveis iriam se esgotar a curto prazo, porém o aumento da demanda vem sendo acompanhado pela descoberta de novas jazidas ou substituição de matrizes, em razão da dinâmica de mercado e tecnologia.

Ainda conforme o documento da ONU (UN 1997), atualmente, a preocupação maior é com a provisão de energia mais adequada, como a transformação da madeira em gás para combustível, o fornecimento de energia para consumo comercial, e os impactos ambientais e de saúde

relacionados ao uso das energias. O consumo de metais e minerais, quando medido em relação aos estoques, diminuiu nos países desenvolvidos e não há previsões de esgotamento destes produtos não renováveis para o futuro mais próximo. (Isto não significa que se atingiu um patamar de desenvolvimento sustentável).

O uso adequado de indicadores de desenvolvimento sustentável poderá facilitar a compreensão integrada - técnica, social e política - dos fatores indutores e causadores dos problemas ambientais atuais, contribuindo no encaminhamento de prioridades para soluções rumo ao desenvolvimento sustentável.

Por exemplo, os países industrializados respondem por 70% das emissões de CO₂ provenientes do consumo de combustível fóssil, e também estima-se que 84% do dióxido de carbono que está a mais na atmosfera em relação aos níveis de 1.800 (pré-revolução industrial) é proveniente dos países industrializados (UN, 1997).

Há portanto uma tendência dos países em desenvolvimento entenderem que devam somente partir para políticas mais restritivas de consumo de combustível fóssil após atingirem níveis de produção e consumo e de atendimento em geral às demandas da população. Isto poderia resultar num aumento ainda mais significativo da quantidade de excesso de CO₂ na atmosfera, aumentando o problema do efeito estufa.

Assim, em 1992, o texto da Convenção sobre Mudança Climática das Nações Unidas, para discussão internacional sobre o risco das alterações climáticas globais e a busca de alternativas para a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, foi aberto para assinaturas durante o encontro da RIO 92. Em 21 de março de 1994 a Convenção foi oficializada, e em 1997 o texto do Protocolo de Quioto foi adotado, tendo sido aberto para assinaturas em 1998. (UNEP 1999).

É fixado como objetivo principal da Convenção a estabilização da

concentração na atmosfera, de gases de efeito estufa, em níveis que evitariam uma interferência perigosa da ação antrópica no sistema climático. É necessário estudar e definir um tempo adequado (taxa de mudança climática) para que os ecossistemas possam se adaptar naturalmente às mudanças climáticas e para garantir que a produção mundial de alimentos não fique ameaçada.

O Protocolo de Quioto visa assim a redução mundial da emissão de gases de efeito estufa. O indicador a ser utilizado é emissão de gases de efeito estufa, em CO₂ equivalente, que inclui os gases CO₂ – dióxido de carbono, CH₄ - metano, N₂O – gás nitroso, HFC – hidrofluorcarbono, PFC – perfluorcarbono, SF₆ – hexafluoreto de enxofre (UNEP 1999).

Já se verifica atualmente uma tendência de diminuição da intensidade de recursos, que é a energia e a matéria prima no processo de produção de bens, que produzem resultado econômico constante. Esta tendência observada é consequência de investimentos em melhor tecnologia para mudança progressiva da matriz energética, como combustíveis com menor quantidade de carbono, por exemplo do carvão para o óleo combustível e gás natural (UN 1997).

É necessária portanto esta compreensão integrada para o estabelecimento dos limites de consumo dos recursos naturais: as taxas de consumo dos recursos renováveis devem ser menores que as taxas de regeneração; as taxas de consumo de recursos não renováveis devem ser tais para que haja tempo suficiente de se desenvolverem recursos renováveis substitutos; as taxas de emissão de poluentes e geração de resíduos devem ser adequadas à capacidade de absorção e reciclagem dos sistemas naturais, em níveis que não causem danos.

A quantidade e complexidade de temas envolvidos na gestão para o desenvolvimento sustentável é enorme, e que necessitam não só de mais pesquisas sobre as modificações ambientais que a forma convencional de desenvolvimento vem causando, mas também que os resultados sejam

incorporados como políticas de desenvolvimento sustentável.

O documento da Agenda 21 (SMA 1993), no capítulo 40, alerta que, para se caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável, há necessidade de que a informação chegue a todos, abrangendo os tomadores de decisão locais, nacionais e internacionais, as organizações de base e todos os atores da sociedade. Atualmente ocorre uma defasagem na disponibilidade, qualidade, coerência, padronização e acesso à informação entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, como também entre os diferentes atores da sociedade.

O documento informa ainda que “há necessidade de melhor coleta e avaliação de dados e de coordenação mais eficaz entre dados ambientais, sociais, demográficos e de desenvolvimento e as atividades de informação. Os indicadores comumente usados, como o Produto Nacional Bruto – PNB, e medidas de fontes individuais ou fluxos de poluição não fornecem indicações adequadas de sustentabilidade” (SMA 1993, p. 44 e 45).

Uma das propostas da Agenda 21 para eliminação da defasagem de dados inclui “a criação de indicadores de desenvolvimento sustentável para prover bases sólidas para a tomada de decisão em todos os níveis”(SMA 1993, p. 45).

Um indicador de desenvolvimento sustentável pode ser definido como um parâmetro que serve para o monitoramento da sustentabilidade de um modelo de desenvolvimento adotado. Diversos indicadores ambientais, de saúde, econômicos e outros já vêm sendo utilizados há muito tempo, inclusive dentro de padrões internacionais, mas não há ainda um consenso se estes indicadores servem para acompanhar ou medir desenvolvimento sustentável.

Alguns indicadores ambientais têm sido utilizados nos sistemas de planejamento, como ferramenta de diagnóstico e de monitoramento da qualidade ambiental. Porém, a incorporação dos princípios de

sustentabilidade no processo de planejamento e gestão urbana requer a adequação ou criação de ferramentas que possibilitem: a visualização dos objetivos e metas do desenvolvimento sustentável, estabelecidos por exemplo no documento da Agenda 21 Global ou das Agendas 21 Locais; uma atuação harmônica dos atores deste processo e o monitoramento do progresso alcançado.

Um foco em alguns pontos críticos do atual sistema de gestão urbana que vem sendo adotado em âmbito municipal, os quais contribuem para dificultar o processo do planejamento para o desenvolvimento sustentável, possibilita uma melhor compreensão da importância do uso dos indicadores de Desenvolvimento Sustentável neste processo: em geral os sistemas de planejamento são estáticos, centralizados e setoriais; há técnicos mal preparados para trabalhar com questões complexas que envolvem aspectos ambientais; é baixa a participação da comunidade no processo de gestão; ocorre descontinuidade das ações do poder municipal. Portanto, há um aumento dos problemas urgentes, que consomem inadequadamente os recursos municipais disponíveis e não há uma priorização para o planejamento municipal integrado (MALHEIROS e ASSUNÇÃO 2000, MALHEIROS e PHILIPPI JR 2000).

Desta forma, uma vez que a função principal do indicador de Desenvolvimento Sustentável é fornecer informações concisas para comunicar a sociedade, para orientar a tomada de decisões nos diversos níveis, é possível então se pensar na utilização dos indicadores como parte de um processo para o enfrentamento dos diversos aspectos críticos colocados.

Assim, o uso do indicador como indutor de políticas públicas de desenvolvimento sustentável, para alimentação contínua do processo de planejamento, para facilitar a compreensão da dinâmica urbana, e como instrumento de participação e acompanhamento por parte da população são pontos cruciais na implantação e manutenção de um plano de desenvolvimento sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Fornecer subsídios :

- (a) Para a discussão de indicadores de desenvolvimento sustentável, em especial os indicadores de qualidade do ar, com ênfase no âmbito local;
- (b) Para a incorporação de indicadores de desenvolvimento sustentável como uma das ferramentas no monitoramento de planos de desenvolvimento urbano sustentável;
- (c) Para a discussão sobre o estabelecimento de diretrizes para planejamento do uso e ocupação sustentável do solo urbano, com base na análise integrada e interpretação dos dados de qualidade do ar e meteorológicos.

2.2 Objetivos Específicos

- (a) Estudo de caso do uso de Indicadores de Qualidade do Ar – Material Particulado – como Indicador de Desenvolvimento Sustentável;
- (b) Monitoramento da qualidade do ar no Município de Jacareí, no período de agosto até novembro de 2000, para subsidiar a discussão do tema proposto;
- (c) Aplicação de modelo matemático de dispersão atmosférica para material particulado no Município de Jacareí, para subsidiar a discussão do tema proposto.

3 METODOLOGIA

O método de abordagem desta pesquisa é o método hipotético-dedutivo, que conforme LAKATOS e MARCONI (1992) é aquele que “se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos acerca da qual se formula hipóteses e, pelo processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese” (p.106).

LAKATOS e MARCONI (1991) esclarecem que o método hipotético-dedutivo tem como etapas principais :

- (a) colocação do problema, que é o reconhecimento dos fatos, a descoberta do problema e a sua formulação;
- (b) construção de um modelo teórico, por meio da seleção de fatores pertinentes e invenção de hipóteses centrais e das suposições auxiliares;
- (c) dedução de consequências particulares, por meio da procura de suportes racionais e empíricos;
- (d) e finalmente o teste de hipóteses e a adição das conclusões na teoria.

Neste sentido, e considerando a necessidade de contribuir com a discussão sobre o uso de indicadores de desenvolvimento sustentável, esta pesquisa realizou, numa primeira etapa, um levantamento não exaustivo de publicações sobre trabalhos relacionados ao tema em questão, que vêm sendo desenvolvidos em âmbito global e local.

A questão do desenvolvimento sustentável e o uso dos indicadores é um tema bastante amplo, e portanto o foco escolhido foi nos indicadores de qualidade do ar, com ênfase para o poluente Material Particulado.

Assim, para melhor compreensão da questão da poluição atmosférica urbana, as principais causas, efeitos e a relação com saúde pública (exposição a risco) e qualidade de vida, é apresentado resumidamente um embasamento teórico do processo geral de gestão da qualidade do ar, com

ênfase para o Estado de São Paulo.

A elaboração do estudo de caso do uso do indicador de qualidade do ar no Município de Jacareí – SP possibilitou então avaliar o nível de exposição de uma população urbana ao poluente Material Particulado, sua relação com o uso do solo municipal, e discutir o potencial do indicador para avaliação de desenvolvimento sustentável, contribuindo para o teste das hipóteses levantadas.

Conforme CARMO NETO (1993), o método estudo de caso é um instrumento didático que surgiu na Escola de Direito de Harvard University por volta de 1870. Seu objetivo era tanto introduzir modificações nos padrões de ensino adotados até então, a fim de que novas formas de aprendizagem fossem experimentadas, como também fazer com que a lacuna teórico-prática fosse amenizada.

Ainda segundo CARMO NETO (1993), o método estudo de caso tem implicações em todas as áreas em que há um conjunto de conhecimentos científicos voltados para a solução prática de situações concretas. Ele pode ainda ser aplicado sempre que for produzido, no plano concreto, casos práticos da realidade.

3.1 Hipóteses

As hipóteses formuladas para o desenvolvimento deste estudo são :

- (I) Que os indicadores de qualidade do ar, Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis – PI, servem para monitorar o desenvolvimento sustentável local;
- (II) Que os mesmos indicadores não conseguem isoladamente avaliar desenvolvimento sustentável.

3.2 Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada pesquisa bibliográfica sobre os temas Desenvolvimento Sustentável, Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, Poluição do Ar e Indicadores de Qualidade do Ar.

O tema é recente, tendo-se verificado uma maior disponibilidade de trabalhos internacionais, inclusive com acesso pela *on-line*, como no caso das publicações da Organização das Nações Unidas, do Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável e da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA, do Instituto de Recursos Mundiais, a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico, entre outros. A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, o Ministério do Meio Ambiente, entre outros, também disponibilizam documentos e relatórios sobre os temas pesquisados, em material impresso e *on-line*.

3.3 Elaboração do Estudo de Caso sobre o Uso do Indicador de Qualidade do Ar – Material Particulado - no Município de Jacareí – SP

Com o objetivo de concretizar o conjunto de idéias e conhecimentos, discutidos neste trabalho, sobre o uso e a importância dos indicadores de qualidade do ar como indicadores de desenvolvimento sustentável, foi escolhido o Município de Jacareí para realização do monitoramento de material particulado e para aplicação da modelagem matemática para o estudo da dispersão do poluente Partículas Totais em Suspensão - PTS.

A escolha desta cidade deveu-se às suas características de localização, tendo em vista que o município de Jacareí é cortado por três rodovias importantes, a sua proximidade a dois grandes polos de desenvolvimento, que são os Municípios de São Paulo, com distância de 80 km, e São José dos Campos, com distância de 20 km; o porte do município em termos de atividade industrial e a possibilidade de avaliar conflitos de uso e ocupação do solo.

A estratégia adotada na elaboração do estudo de caso foi a utilização de um modelo matemático, de dispersão de poluentes atmosféricos, para avaliação das concentrações da poluição por material particulado na área urbana, em especial Partículas Totais em Suspensão – PTS. Desta forma foi possível relacionar fontes de poluição e o grau de exposição da população ao poluente.

A realização do monitoramento para material particulado, Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis – PI, possibilitou avaliar os dados obtidos na modelagem, no que se refere ao potencial para uso desta ferramenta no planejamento urbano e do uso deste indicador como indicador de desenvolvimento sustentável.

A opção de focar na poluição por material particulado, em especial PTS e PI, deveu-se aos seguintes fatores:

- (a) Os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar estabelecem os indicadores PTS e PI como parâmetros para avaliação da qualidade do ar para o poluente Material Particulado. No que se refere ao poluente material particulado, o indicador PTS é o mais comumente monitorado e divulgado (WHO 1999);
- (b) Conforme WHO (1999), análises das partículas de Material Particulado confirmam que as atividades humanas são a fonte principal de partículas finas deste poluente na área urbana, e que a componente relacionada ao tráfego contribui significativamente na massa total de poluição, especialmente na fração de partículas finas (p.17).

Conforme CETESB (2001), “um quadro quantitativo das contribuições dos diversos tipos de fontes de poluição, para o problema de poluição do ar por material particulado, foi obtido através de estudo que utilizou técnicas de modelo receptor e de balanço químico de massas. Neste estudo verificou-se que o material particulado, tanto a PTS quanto a PI, origina-se principalmente na emissão dos veículos e na ressuspensão da

poeira do solo, sendo ainda importantes os particulados secundários, tais como sulfatos e material carbonáceo. Ressalte-se que os secundários são particulados que se formam na atmosfera a partir de reações do dióxido de enxofre ou de compostos orgânicos voláteis” (p.i).

O Material Particulado é composto por poeira ressuspensa, como a poeira do solo, poeira das ruas, as quais têm relação com a gestão da cidade, uma vez que têm como causa principal a erosão urbana, remoção da cobertura vegetal, movimento de veículos, entre outros; fumaça e cinzas, provenientes da queima de combustíveis fósseis na indústria e em veículos; poeiras, fumos e névoas de processos industriais; pólen e fragmentos de plantas, entre outros.

- (c) A poluição por material particulado pode causar efeitos significativos em pessoas com doenças pulmonares como asma e bronquite. Conforme as concentrações deste poluente, verifica-se um aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras. (CETESB 2001)

A disponibilização dos equipamentos para o monitoramento de material particulado, e do software para modelagem, foi o resultado de uma parceria entre o Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, a Secretaria de Meio Ambiente do Município de Jacareí, uma indústria local e uma Organização Não Governamental - ONG local, o que favoreceu a elaboração desta pesquisa, uma vez que eram necessários equipamentos que pudessem ser movimentados periodicamente para instalação nos diferentes pontos de monitoramento escolhidos.

3.3.1 Fontes de Poluição do ar no Município de Jacareí

Conforme o Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo de 2000 (CETESB 2001), as principais fontes de poluição urbana são as indústrias, os veículos, queima de vegetação e lixo em terrenos desocupados, entre

outras.

Conforme o inventário de fontes de poluição do ar para o Município de São José dos Campos (CETESB 2001), os veículos respondem por 20% da poluição por material particulado, enquanto que as indústrias respondem por 80% (p.11). Em Campinas, os veículos respondem por aproximadamente 50% da poluição por material particulado, enquanto que as indústrias respondem pela outra metade (p.12). Na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP também é possível observar a mesma ordem de grandeza observada em Campinas, onde metade da poluição por material particulado é proveniente das fontes móveis e a outra metade das fontes industriais (CETESB 2001, p. 2). Nos resultados apresentados pela Cetesb, não foram computadas toda as fontes urbanas de poluição por Material Particulado, como poeira ressuspensa pela movimentação dos veículos e dos ventos, poeira proveniente de atividades de construção civil, entre outras.

Para o estudo de caso no Município de Jacareí, foram consideradas na modelagem matemática as fontes de poluição industrial e os veículos, incluindo a ressuspensão provocada por sua movimentação.

A Prefeitura do Município de Jacareí não dispõe de um inventário de fontes de poluição por Material Particulado. Assim, foram utilizados dados dos documentos de licenciamento industrial disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente do Município de Jacareí para estimativa das fontes de poluição industrial*.

Para o cálculo da contribuição do sistema viário urbano e da Rodovia

* SMAJAC – Secretaria de Meio Ambiente do Município de Jacareí. **Memorial de Caracterização de Empreendimento Industrial – MCE – Indústria de Papel e Celulose**; Jacareí; 2000; e **MCE – Indústria de Vidros Planos**; Jacareí; 2000;

Presidente Dutra, no trecho em que atravessa o município de Jacareí, utilizou-se dados da Secretaria Municipal de Obras e Viação – SOV*, dados da CETESB (2001), consulta à Concessionária Nova Dutra, Polícia Rodoviária Federal e DNER**.

Não foram consideradas na modelagem matemática as outras fontes de poluição atmosférica urbana por material particulado, como a queima de resíduos em geral, queima de madeira em fornos de pequenos estabelecimentos, como pizzarias e padarias; e contribuições da área rural, como queimada para atividade agropecuária, queimadas florestais, pequenas cerâmicas, e também a possível contribuição de poluição atmosférica dos municípios do entorno.

Com relação às fontes não consideradas, cabem as seguintes observações :

- a) Conforme já colocado anteriormente, "o material particulado, tanto PTS quanto PI, originam-se principalmente nas emissões veiculares e na ressuspensão da poeira do solo, sendo ainda importantes os particulados secundários, tais como sulfatos e material carbonáceo"(CETESB 2001, p.i).
- b) No levantamento das emissões de PTS por fontes móveis utilizou-se uma metodologia proposta pela USEPA (2000), onde a ressuspensão de poeira pelos veículos é calculada com base na "carga de poeira da rua". Desta forma, parte da poeira proveniente daquelas fontes não consideradas diretamente no cálculo das taxas de emissão, uma vez que contribuem para aumentar a "carga de poeira na rua", acabam portanto sendo consideradas indiretamente.

* SOV – Secretaria Municipal de Obras e Viação do Município de Jacareí. **Dados Estatísticos de Contagem de Veículos nos anos 1998, 1999 2000**. Jacareí; 2000. [planilha de contagem de veículos para fins de planejamento viário];

** DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem; Ofício com informações sobre o volume médio de tráfego na Via Dutra, no trecho que atravessa o Município de Jacareí. 2001 [ofício MT / 8º DRF / DNER / CD – nº 5435/2001].

Conforme USEPA (2000), as vias de tráfego constituem-se numa importante fonte de poluição por material particulado, onde se observa níveis elevados de emissão. Em termos gerais, as emissões de material particulado das vias de tráfego são originadas de material solto presente na superfície da via. Conforme este material - que foi denominado de carga de poeira na via – vai sendo movido ou removido, ocorre uma recarga contínua por diversas fontes, de modo que se estabelece um equilíbrio entre os processos de deposição e remoção desta carga de poeira.

Conforme ilustrado na Figura 2 (USEPA 2000), os principais processos de deposição de material particulado que podem ocorrer nas vias de tráfego são poeira proveniente de erosão do pavimento, deposição de poluentes dos veículos, deposição de poeira do entorno, derramamento de material de caçamba de caminhões, entre outros; e os principais processos de remoção do material são ressuspensão por veículos, carreamento pelo vento, lavagem pela chuva, serviços de limpeza, entre outros. Assim, na ausência de novas fontes de material particulado, observa-se que ocorre um equilíbrio no fator de carga de poeira na rua (ver fator sL na fórmula abaixo para cálculo do fator de emissão de material particulado das vias de tráfego), onde a quantidade de material depositada se iguala à retirada. Ou seja, se novas fontes de emissão veirem a ocorrer, como uma nova obra de construção civil na beira da via, deve ser calculado novamente o fator de carga de poeira, tendo em vista que um novo equilíbrio entre remoção e deposição irá ocorrer. O valor de equilíbrio do fator de carga de poeira depende de vários fatores. Acredita-se que os principais fatores neste processo são a velocidade média dos veículos que trafegam na via, o volume de tráfego diário (número de veículos que trafegam na via no período de um dia), o número de faixas de tráfego na via, a fração de veículos pesados, a presença ou ausência de meio-fio, faixas de estacionamento e drenagem pluvial.

O cálculo da emissão de material particulado das vias de tráfego foi feito com base na metodologia proposta pela USEPA (2000), cuja fórmula é:

$$E = k \times (sL/2)^{0,65} (W/3)^{1,5}$$

onde :

E = fator de emissão de material particulado (g/km rodado/veículo)

k = fator base de emissão, conforme a fração de material particulado a ser calculada, por exemplo Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis, etc.

(**k** = 24 g/km rodado/veículo para Partículas Totais em Suspensão – PTS)

sL = carga de poeira na rua (gramas por metro quadrado) (g/m²)

(para vias de alto movimento, isto é, mais de 5000 veículos por dia, o documento sugere $0,1 < sL < 0,5$, sendo que 0,1 é para situação normal e 0,5 é para vias muito sujas)

W = peso médio em toneladas dos veículos trafegando na via

Tendo em vista que a carga de poeira nas ruas e a porcentagem de veículos pesados trafegando nas vias são dois fatores importantes na estimativa da emissão das vias de tráfego, e que estes fatores têm correlação com a questão de planejamento e gestão urbana, foram estabelecidos três cenários para o estudo da dispersão atmosférica.

Os três cenários escolhidos representam situações diferenciadas no que se refere à composição dos veículos, que é a porcentagem de veículos leves, comerciais e pesados que trafegam na via, e à carga de poeira na via, que representa ruas mais limpas ou mais sujas.

Fonte : USEPA 2000

Figura 2 - Principais processos de deposição e remoção de material particulado em uma via de tráfego

O cenário 1 representa uma situação crítica de contribuição do sistema viário para a poluição do ar: ruas sujas, ou seja, um coeficiente de “carga de poeira” mais alto, e uma porcentagem mais alta de veículos pesados. Assim, conforme consta das tabelas 2 e 3, o valor da carga de poeira - sL utilizado para a Rodovia Presidente Dutra foi de $0,12 \text{ g/m}^2$, sendo que o mínimo sugerido pela USEPA (2000) é de $0,10 \text{ g/m}^2$. Para as vias urbanas, o valor da carga de poeira - sL utilizado foi de $0,25 \text{ g/m}^2$. No cenário 1, a porcentagem de veículos pesados trafegando nas vias urbanas foi considerada como sendo de 20%. Este cenário poderia por exemplo ocorrer em casos de eventual congestionamento na Via Dutra no trecho em que atravessa o município de Jacareí, por causa de um acidente ou fluxo altamente elevado, quando é possível observar um aumento dos veículos pesados que trafegam pelas vias urbanas.

O cenário 2 representa uma situação mais conservadora, com valores de carga de poeira na rua menores e menor quantidade de veículos pesados. O valor da carga de poeira - sL para a Rodovia Presidente Dutra foi considerado de $0,10 \text{ g/m}^2$, igual ao mínimo sugerido pela USEPA (2000). Para as vias urbanas, o valor da carga de poeira - sL foi considerado de $0,15 \text{ g/m}^2$. A porcentagem de veículos pesados trafegando nas vias urbanas foi considerada como sendo de 10%.

O cenário 3 representa uma situação intermediária, com valores médios entre os dois cenários anteriores.

Tabela 2 – Parâmetros do cálculo das emissões da Rodovia Pres. Dutra, conforme cenários.

cenário	k ⁽¹⁾	w (ton) ⁽²⁾	sL (g/m ²) ⁽³⁾	E (g/km) ⁽⁴⁾
cenário 1	24	8,0	0,12	20
cenário 2	24	7,0	0,10	16
cenário 3	24	7,5	0,10	18

(1) obtido em USEPA (2000)

(2) valor estimado com base na composição de veículos nos dados SOV (2000), DNER(2001) e calculado conforme metodologia USEPA (2000)

(3) com base em USEPA (2000)

(4) calculado conforme USEPA (2000)

Tabela 3 - Parâmetros do cálculo das emissões das principais vias urbanas de tráfego, conforme cenários.

cenário	k ⁽¹⁾	w (ton) ⁽²⁾	sL (g/m ²) ⁽³⁾	E(g/km/veículo) ⁽⁴⁾
cenário 1	24	3,0	0,32	8
cenário 2	24	2,5	0,20	4
cenário 3	24	2,5	0,26	5

(1) obtido em USEPA (2000)

(2) valor estimado com base na composição de veículos nos dados SOV e DNER e calculado conforme metodologia USEPA (2000)

(3) com base em USEPA (2000)

(4) calculado conforme USEPA (2000)

Tabela 4 – Valores utilizados no cálculo do peso médio dos veículos, para a Rodovia Dutra e as principais vias urbanas de tráfego, conforme cenários.

LOCAL	cenário	veículo leve passeio peso (ton) ⁽¹⁾	veículo leve passeio (%) ⁽²⁾	veículo leve de carga peso (ton) ⁽¹⁾	veículo leve de carga (%) ⁽²⁾	veículo pesado peso (ton) ⁽¹⁾	veículo pesado (%) ⁽²⁾	W peso médio (ton) ⁽³⁾
Via Dutra								
	1	1,3	30	2,5	20	14,5	50	8,0
	2	1,0	30	2,0	20	12,5	50	7,0
	3	1,0	30	2,0	20	13,5	50	7,5
Vias Urbanas								
	1	1,3	60	2,5	25	10	15	3,0
	2	1,3	60	2,2	30	10	10	2,5
	3	1,3	60	2,2	30	10	10	2,5

(1) valor médio adotado
(2) porcentagem estimada com base nos dados da SOV e DNER
(3) calculado conforme USEPA (2001)

3.3.2 Dados Meteorológicos

Foi feita a compilação dos dados meteorológicos horários (temperatura do ar, direção e velocidade de ventos), obtidos através de estações localizadas no município de Jacareí e São José dos Campos*. As estações meteorológicas pertencem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Os dados existentes da estação localizada em Jacareí são do período de 01 de setembro de 1999 até 21 de julho de 2000.

Considerando que, conforme PEREIRA et al. (1998), não existem diferenças

* Dados em arquivo eletrônico fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; 2000

marcantes, entre o regime de ventos da região meteorológica de São José dos Campos e de Jacareí, foram utilizados os dados da estação de São José do Campos, localizada dentro do INPE, para o período de 22 de julho de 2000 a 31 de agosto de 2000, para completar um ano de dados meteorológicos.

A USEPA (2001) sugere que o período de dados a ser considerado nos estudos de dispersão atmosférica deva variar conforme os objetivos e escopo do estudo, e que é recomendável um período de pelo menos 5 (cinco) anos de dados meteorológicos para a modelagem de dispersão de poluentes. Entretanto, tendo em vista que os únicos dados disponíveis da estação localizada no município Jacareí são do período de um ano, que a região do município de Jacareí apresenta tendência para uma direção principal dos ventos, tendo em vista localizar-se entre um grande obstáculo natural que é a Serra da Mantiqueira e o litoral, e que também é preferível utilizar os dados locais (USEPA 2001, p. 413), este período atende ao escopo do estudo de caso.

O modelo matemático requer que sejam fornecidos os dados meteorológicos sobre as condições de dispersão atmosférica, como categoria de estabilidade e altura de mistura. Foram inseridos valores que representam uma situação ruim de dispersão, pois o objetivo da modelagem é avaliar a situação mais crítica que pode ser atingida. Foi considerada classe de estabilidade neutra e altura de mistura urbana de 350 metros. Para se chegar a este valor de altura de mistura, foram analisados os dados da altura de mistura calculada para o Município de São Paulo, nos anos de 1998 e 1999, e que são válidos para a região do entorno (TRINITY CONSULTANTS 2000). Para a escolha da classe de estabilidade foi utilizada uma condição média, considerando que à noite e pela madrugada a classe de estabilidade é de condição estável, e durante o dia é de condição instável.

Fonte : INPE 2000

Figura 3 – Rosa do Ventos dos dados utilizados na modelagem para o estudo da dispersão de material particulado no município de Jacareí, para o período de setembro de 1999 a agosto de 2000.

Tabela 5 - Distribuição de frequência de ventos conforme direção (soprando de) e velocidade dos ventos, para o Município de Jacareí, no período de setembro de 1999 até agosto de 2000.

DIREÇÃO DO VENTO (soprando de)	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA CONFORME VELOCIDADE DO VENTO (m/s)			
	0,51 – 1,80	1,80 – 3,34	3,34 – 5,40	TOTAL
N	1578	147	1	1726
NE	1490	78	0	1568
E	251	27	0	278
SE	67	0	0	67
S	490	65	4	559
SW	303	75	3	381
W	108	4	0	112
NW	125	11	4	140
TOTAL	4412	407	12	4831

Estação Meteorológica – INPE Jacareí; Período de setembro/1999 até agosto/2000

Frequência de calma : 3965

Velocidade média do vento : 1,09 m/s

Fonte : INPE 2000

3.3.3 Monitoramento da Qualidade do Ar

O levantamento de dados da Qualidade do Ar para material particulado foi realizado no período de agosto a novembro de 2000. Foram amostrados os parâmetros Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis – PI, com coletas alternadas em três pontos estratégicos da cidade de Jacareí. Desta forma, foi possível obter dados para o período final do inverno (estação seca), que é a estação mais crítica para este tipo de poluente (CETESB 2001) e primavera.

Os pontos de coleta foram escolhidos conforme localização em relação à área urbana e aspectos de uso e ocupação do solo.

O ponto 1 (Prefeitura) fica localizado no centro da área urbana, próximo ao Prédio da Prefeitura Municipal. O entorno apresenta tráfego intenso de veículos, e o uso do solo é misto - residencial e comercial. No centro da cidade há uma concentração grande de pessoas, que residem nessa área, que trabalham no comércio, que vão às compras, ao banco e à Prefeitura, por exemplo. Localizados no centro também há vários equipamentos comunitários, como escolas e o Hospital da Santa Casa. A importância estratégica deste ponto de monitoramento está na possibilidade de avaliar a exposição de uma concentração significativa de pessoas. O equipamento de coleta foi instalado a aproximadamente 20 (vinte) metros da via principal de fluxo de veículos, conforme pode ser observado nas Figuras 4 e 5.

O ponto 2 (Coleginho) fica localizado na área urbana, um pouco afastado do centro urbano (aproximadamente 6 quilômetros de distância), tendo sido instalado dentro de uma área de uso residencial, próximo a uma rodovia estadual, que interliga Jacareí com o Município de Santa Branca e é também um dos acessos à Rodovia Carvalho Pinto. Um dos vetores de expansão urbana vem se dando ao longo desta via, que apresenta fluxo intenso de veículos. Desta forma, a importância estratégica da escolha deste ponto reside na possibilidade de se conhecer as áreas potenciais de expansão urbana, para subsidiar o planejamento. O equipamento de coleta ficou

localizado a aproximadamente 50 (cinquenta) metros da via principal de trânsito, conforme pode ser observado nas Figuras 4 e 6.

O ponto 3 (Armco) fica localizado na área urbana, um pouco afastado do centro (aproximadamente 6 quilômetros de distância), sendo que o equipamento foi instalado no jardim de uma indústria (a indústria não tem emissão significativa de material particulado, que possa interferir nos resultados da amostragem). Trata-se de área de uso industrial, mas que recentemente vem se intensificando o uso residencial no seu entorno. Este local fica próximo à divisa com o município de São José dos Campos, e é cortado pela estrada velha Rio - São Paulo, que liga Jacareí a São José dos Campos. O equipamento foi instalado a aproximadamente 50 metros da via principal, conforme Figuras 4 e 7.

Para a coleta de Material Particulado PTS foi utilizado equipamento AMOSTRADOR DE GRANDE VOLUME - HI-VOL, seguindo o método NBR 9547 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986) para coleta e amostragem do poluente. Foi utilizado equipamento Amostrador de Grande Volume acoplado a um separador inercial de partículas para coleta de Partículas Inaláveis, conforme método NBR13412 da ABNT (1995).

Figura 4 – Vista geral de localização dos pontos de monitoramento no Município de Jacareí.

Fonte : SEPLAN (1998a)

Figura 5 – Vista aérea do ponto de monitoramento 1 (Prefeitura) (sem escala).

Fonte : SEPLAN (1998a)

Figura 6 – Vista aérea do ponto de monitoramento 2 (Coleginho) (sem escala)

Fonte : SEPLAN (1998a)

Figura 7 – Vista aérea do ponto de monitoramento 3 (Armco) (sem escala).

3.3.4 Modelagem da Dispersão Atmosférica

Os poluentes lançados na atmosfera sofrem processos de transporte, difusão, transformação e sedimentação, que finalmente determinarão a concentração do poluente no espaço e no tempo.

Figura 8 - Processo de dispersão de poluentes na atmosfera.

“O movimento dos poluentes na atmosfera é determinado pelos seguintes fatores: turbulência mecânica provocada pelo vento na sua instabilidade direcional e de velocidade; turbulência térmica resultante de parcelas de ar superaquecido que ascendem da superfície terrestre, sendo substituídos pelo ar mais frio em sentido descendente; topografia da região”. (ASSUNÇÃO 1987, p.1)

A concentração do poluente na atmosfera varia de acordo com o ponto no espaço em consideração, conforme as características da emissão, tais como tipo de poluente, quantidade e vazão, temperatura, altura do ponto de emissão do poluente, velocidade do fluxo emitido; conforme as condições de

turbulência e outros fatores meteorológicos, tais como umidade do ar, o regime de chuvas e as condições de inversão térmica e a topografia da região.

Um modelo de dispersão é um conjunto de relações matemáticas, com base em princípios científicos, que relacionam as emissões de determinada fonte, ou determinadas fontes, com as concentrações atmosféricas resultantes. Os principais tipos de modelos para avaliação da qualidade do ar podem ser divididos em quatro categorias: Gaussiano, numérico, estatístico (ou empírico) e físico (USEPA 2001).

Os modelos matemáticos Gaussianos são o de uso mais geral para o estudo da dispersão atmosférica de poluentes não reativos. Os modelos numéricos são mais apropriados que os modelos Gaussianos para a modelagem de poluentes que envolvem poluentes reativos, como por exemplo o poluente ozônio. Os modelos estatísticos são mais frequentemente empregados para os casos em que há uma compreensão científica incompleta no que se refere aos processos físico-químicos, ou a indisponibilidade de certos dados torna impraticável o uso dos modelos Gaussianos ou numéricos. Finalmente, os modelos físicos requerem o uso de túnel de vento ou outras instalações para modelagem de fluidos (USEPA 2001).

A escolha do modelo mais adequado, entre os modelos existentes para estudo da dispersão de um poluente, deve considerar a complexidade meteorológica e topográfica do local de análise, o nível de detalhe e precisão dos dados das fontes de emissão, e os recursos disponíveis, em termos de equipamento e pessoal.

Para o estudo da dispersão do material particulado - PTS no Município de Jacareí, foi utilizado o modelo de dispersão Gaussiano. A equação básica do modelo Gaussiano para cálculo da concentração de um poluente não reativo em um determinado ponto depende da altura efetiva da chaminé, da vazão de emissão do poluente considerado, dos coeficientes de dispersão horizontal e vertical (são função da turbulência e da distância à jusante em

relação ao ponto de lançamento) e da velocidade do vento (ASSUNÇÃO 1987).

O modelo matemático Gaussiano utilizado foi o *Industrial Source Complex - ISC3 Short Term Dispersion Model*. Há vários modelos Gaussianos disponíveis no mercado, como o *RAM Gaussian – Plume Multiple Source Air Quality Algorithm*, o *CALINE 3*, entretanto a diferença real entre eles está no grau de detalhamento utilizado nos dados de entrada ou de saída. (USEPA,2001)

O Modelo de Dispersão ISC3 foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos para dar suporte à gestão da qualidade do ar, e vem sendo regularmente utilizado também no Brasil para previsão de impacto de fontes de poluição atmosféricas.

O modelo ISC3 apresenta facilidade operacional para a modelagem matemática da dispersão do material particulado PTS proveniente do conjunto de fontes urbanas a serem consideradas, que inclui fontes fixas (chaminés industriais, por exemplo) e fontes móveis (veículos).

O modelo ISC3 requer três tipos de dados de entrada (USEPA 1999b):

- a) Arquivo da fonte de emissão e dos receptores: deve conter informações sobre a localização e parâmetros das fontes de emissão (taxa de emissão, temperatura dos gases, altura efetiva de emissão, velocidade de saída dos gases) e localização dos receptores;
- b) Arquivo meteorológico, com dados sobre velocidade e direção dos ventos, temperatura atmosférica; classe de estabilidade e altura de mistura;
- c) Arquivo topográfico da região de estudo;

O modelo ISC3 tem capacidade para trabalhar com diferentes poluentes, provenientes de diversas fontes, incluindo tipos pontual, linear e área. Na modelagem do estudo de caso para Jacareí, foram consideradas como fontes pontuais as emissões das chaminés das indústrias; como fonte tipo

linear foram consideradas as vias de tráfego com fluxo mais confinado, ou seja, o fluxo de veículos no entorno é relativamente baixo ou inexistente, como no caso da Via Dutra e as vias de acesso à cidade; as vias de tráfego com fluxo lateral significativo, como é o caso das vias urbanas centrais, foram consideradas como fontes tipo área(USEPA 1999c).

As emissões podem ser tratadas como constantes para o período de modelagem, ou variar por mês, hora ou estação do ano. Na modelagem realizada, as emissões foram consideradas constantes, entretanto foram simulados três cenários, conforme item 3.3.1. Os dados meteorológicos foram inseridos em período horário.

Os dados topográficos utilizados no modelo foram levantados em uma carta topográfica fornecida pela Prefeitura Municipal de Jacareí, em escala 1:25.000, com pontos de 200 em 200 metros, numa área abrangendo a mancha urbana de Jacareí, as principais fábricas e a Rodovia Presidente Dutra. Assim, a área topográfica pode ser representada por um sistema cartesiano, cujo eixo Leste/Oeste tem 11 quilômetros, e o eixo Norte/Sul tem 14 quilômetros de extensão, e o ponto inicial fica na coordenada UTM (393.000 ; 7.414.000). A Figura 9 mostra uma vista geral do relevo da área considerada no modelo de dispersão, onde é possível observar a parte mais baixa cortada pelo Rio Paraíba do Sul e a várzea do mesmo onde está situada grande parte da área urbana.

A Figura 10 ilustra a localização das fontes do sistema viário, conforme considerados no modelo de dispersão para Jacareí. É possível identificar a Rodovia Dutra, fonte linear típica, as vias de acesso à cidade, também consideradas como fonte linear e o sistema viário urbano central, composto pelas vias urbanas principais, considerado como fonte área.

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam um resumo dos dados das fontes de emissão utilizadas no modelo ISC3.

Fonte : SEPLAN (sd)

Figura 9 – Vista geral do relevo utilizado paraa área considerado no modelo de dispersão.

Figura 10 – Localização das fontes de emissão consideradas no modelo de dispersão.

Tabela 6 - Resumo das características das fontes de emissão tipo pontual (indústrias)

fonte	Coordenada UTM	vazão (Nm ³ /h)	altura (m)	diâmetro (m)	temp. (°C)	velocidade (m/s)	emissão de MP (g/s)
chaminé 1	394.800 7.414.500	248.000	100	3,30	170	13,07	13,22
chaminé 2	394.800 7.414.500	10.650	80	1,45	75	2,28	0,15
chaminé 3	394.800 7.414.500	29.000	70	1,50	50	5,39	1,15
chaminé 4	403.500 7.423.500	84.845	110	2,90	245	8,01	8,05
chaminé 5	403.500 7.423.500	92.084	84	2,72	313	11,07	7,79

fonte : dados fornecidos pela SMAJAC (2000)

onde : coordenada UTM : coordenadas da fonte de emissão

vazão : vazão da chaminé em Nm³/h

altura : altura da chaminé ; diâmetro : diâmetro da chaminé

temp : temperatura dos gases de saída da chaminé

velocidade : velocidade dos gases de saída da chaminé

emissão de MP : fator de emissão de Material Particulado para a fonte

Tabela 7 - Resumo das características das fontes de emissão tipo área

fonte	coord. x,y	dimensão x,y (m)	ângulo (graus) ⁽⁵⁾	coef. trânsito ⁽⁶⁾	emis. cenário 1 [g/(s*m ²)]	emis. cenário 2 [g/(s*m ²)]	emis. cenário 3 [g/(s*m ²)]
área 1 ⁽¹⁾	399.400 7.422.300	800 3400	65	1,5	5,42E-6	2,71E-6	3,39E-6
área 2 ⁽²⁾	402.300 7.423.900	800 1800	140	1,5	1,72E-6	0,81E-6	1,08E-6
área 3 ⁽³⁾	399.000 7.423.600	1000 1500	90	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 4 ⁽³⁾	400.650 7.424.550	1450 1000	45	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 5 ⁽³⁾	400.800 7.427.250	1000 1000	50	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 6 ⁽³⁾	400.850 7.422.150	1000 1500	65	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 7 ⁽³⁾	402.100 7.422.850	400 850	65	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 8 ⁽³⁾	399.200 7.421.300	900 1450	65	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 9 ⁽³⁾	402.400 7.425.600	750 1000	65	-	1,53E-6	0,76E-6	0,95E-6
área 10 ⁽⁴⁾	402.400 7.424.060	600 1400	45	1,5	2,38E-6	1,19E-6	1,49E-6

fonte : SVO (2000)

(1) Av. Siq. Campos e Rua Barão R. Branco

(2) Rod. Nilo Máximo

(3) Áreas de contribuição referente ao trânsito urbano disperso

(4) Estr. Velha Rio São Paulo (Jacareí-São José dos Campos) (SP 66)

(5) ângulo em relação ao Norte

(6) o coeficiente de trânsito foi utilizado para representar o volume de trânsito nas ruas no entorno da via principal

Tabela 8 - Resumo das características das fontes de emissão tipo linear

fonte	coord. x, y (inicial)	coord. x, y (final)	nº de volumes	extens. (km)	coef. trânsit ⁽¹⁾	fluxo veículo leve (veíc./dia)	fluxo veículo pesado (veíc./dia)	emissão cenário 1 [g/s]	emissão cenário 2 [g/s]	emissão cenário 3 [g/s]
via Pres. Dutra	393.000 7.422.000	403.500 7.427.950	206	12,3	1,0	15000	15000	85,4	68,0	77,6
av. Get. Vargas	402.800 7.427.400	402.400 7.424.000	116	3,5	1,2	22000	3000	9,7	4,9	6,1
av. Lucas Nogueira Garcez	395.100 7.422.650	400.200 7.422.050	139	3,0	1,2	15000	2500	5,8	2,9	3,6
av. Humberto Castelo Branco	399.600 7.425.100	399.950 7.422.550	119	3,5	1,5	6000	1200	3,5	1,8	2,2
estrاد. Jacareí – Guararema (SP 66)	394.950 7.415.400	399.800 7.421.900	271	9,0	1,0	3000	500	3,3	1,5	1,8

(1) o coeficiente de trânsito foi utilizado para representar o volume de trânsito nas ruas no entorno da via principal

4 PLANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL LOCAL

A Constituição Federal de 1988 trouxe como principal característica a descentralização. Novas competências e importantes instrumentos de política foram criados para o nível municipal, cuja consequência direta é a possibilidade de uma autonomia maior para lidar com problemas que então eram somente competência dos âmbitos estadual ou federal. (PHILIPPI JR e ZULAUF 1999)

Alguns pontos críticos do atual processo de gestão urbana que vem sendo adotado em diversos municípios podem ser apontados (MALHEIROS e ASSUNÇÃO 2000, MALHEIROS e PHILIPPI JR 2000):

- (a) Ausência de integração interna e externa;
- (b) Sistema de planejamento estático, centralizado, setorial;
- (c) Forte presença do setor público como provedor de serviços;
- (d) Serviços subsidiados;
- (e) Técnicos mal preparados para trabalhar com questões complexas que envolvem aspectos ambientais;
- (f) Gastos elevados com a folha de pagamento;
- (g) Baixa participação da comunidade no processo de gestão;
- (h) Descontinuidade das ações do poder municipal.

A identificação destes pontos é muito importante no entendimento do processo de desenvolvimento dos municípios brasileiros, e de como estas dificuldades podem contribuir negativamente para a qualidade de vida da comunidade. São problemas que muitas vezes se repetem por várias gestões seguidas, gerando então um círculo vicioso no qual há uma insuficiência de recursos e um conjunto de ações de intervenção desencontradas.

A grande ausência de participação política da comunidade no processo de gestão urbana e a falta de iniciativa dos vários atores envolvidos no que se refere à mudança de hábitos e técnicas para a melhoria da qualidade de vida, é consequência, em parte, da perda de credibilidade no poder público, resultado de uma série de gestões mal conduzidas no passado (MALHEIROS e PHILIPPI JR 2000).

As cidades dispõem de um reduzido quadro de técnicos, que em geral gastam parte considerável de seu tempo resolvendo problemas emergentes resultantes do próprio crescimento desordenado das cidades.

O instrumento convencional de planejamento municipal, o Plano Diretor, obrigatório constitucionalmente para os municípios maiores que 20.000 habitantes, foi elaborado em poucos municípios, normalmente com custos elevados e baixa efetividade. A elaboração de um plano de desenvolvimento municipal é essencial para a busca da qualidade de vida da população e do meio ambiente, e deve estar baseada em características locais, envolvendo aspectos físicos, biológicos, culturais, sociais, turísticos, políticos e outros, e não ser somente uma exigência em função do número de seus habitantes (MALHEIROS e PHILIPPI 2000).

Desta forma, a situação ambiental e econômica crítica em que se encontram atualmente algumas cidades decorre, em grande parte, pela ausência ou a não observância do planejamento adequado para o desenvolvimento, que também é consequência de uma gestão ambiental inadequada.

Há um agravamento deste quadro em função da péssima *performance* da infraestrutura das cidades, cujas causas mais comuns dentro da situação dos municípios brasileiros podem ser apontadas (MALHEIROS 1996, WORLD BANK 1995b):

- (a) A alta taxa de migração, somada a uma má distribuição do solo urbano (especialmente nas áreas periféricas e ao longo dos cursos d'água) e a questão do grande número de áreas invadidas, que aumentam a

difficuldade e os custos para o fornecimento de infraestrutura básica;

- (b) Provimento da infraestrutura é normalmente feito pelo poder público, como monopólio. Assim, há uma ausência de concorrência que leva a problemas típicos de um mercado monopolizado, tais como baixa eficiência e alto custo de produção, manutenção não adequada, entre outros;
- (c) As taxas cobradas pelos serviços normalmente não cobrem os custos;
- (d) Ausência de planejamento adequado e de pessoal capacitado para provimento dos serviços.

Os diferentes enfoques adotados nos processos de planejamento, desde os mais ortodóxicos – modelos racionais, até os mais pragmáticos – modelos incrementalistas, têm dificuldade de conciliar as dimensões sócio-cultural (consumo, história, cultura, cidadania, etc), ambiental (esgotamento de recursos não renováveis, degradação dos sistemas naturais, biodiversidade, etc), e econômica (atender interesses de grupos diferentes, redução da pobreza, equidade, etc), inclusive sem a incorporação adequada da questão temporal (necessidade de atender demandas imediatas e urgentes, e a médio e longo prazo para as próximas gerações), que são requisitos essenciais no processo de desenvolvimento sustentável.

Os modelos clássicos de planejamento têm como características o estudo exaustivo de causa e efeito; são normativos (dão normas para a melhor solução), e tem como base a demanda e longo horizonte de planejamento. (McDowell et al. 1986). A Figura 11 ilustra os principais passos do modelo racional.

Fonte : McDowell et. al. 1986

Figura 11 - Principais passos do modelo racional.

Os modelos incrementalistas têm outro enfoque: o horizonte de planejamento é curto (às vezes imediatistas), são pragmáticos, e eficientemente adaptativos. A idéia proposta é aproveitar precedentes e a experiência acumulada de modo que a política é feita em função de pequenas mudanças de políticas anteriores. Assim, estes “ajustes incrementalistas” requerem menos teoria e menor tempo de levantamento de dados e diagnóstico. Entretanto, apresentam-se limitados para questões novas, cuja experiência anterior pode ser inexistente ou muito recente (ETZIONI 1970).

Os dois modelos representam polos opostos. Enfoques com variações intermediárias vêm sendo propostos, aplicados e integrados ao sistemas de planejamento existentes nos diferentes âmbitos de gestão, e maior atenção está sendo dada à participação da comunidade nas várias etapas deste processo.

O enfoque estratégico (Planejamento Estratégico) é utilizado para determinação de metas, aborda problemas e necessidades em nível

sistêmico e com uma perspectiva de longo prazo, mobilizando os setores envolvidos para o alcance de uma meta comum.

O enfoque participativo (Planejamento Participativo) procura envolver a comunidade e usuários de serviços em processos de consulta, com a finalidade de formular e executar projetos e programas de serviços locais, com o objetivo de conseguir maior eficácia no atendimento às demandas da comunidade.

O enfoque ambiental (Planejamento Ambiental) tem como objetivo assegurar que as condicionantes ambientais estejam presentes nos projetos de desenvolvimento, de modo a permitir a identificação de impactos negativos específicos, em atividades relacionadas com o desenvolvimento, e possibilitar as medidas necessárias a sua mitigação.

A elaboração das Agendas 21 Locais constitui-se num instrumento de planejamento para o desenvolvimento sustentável. Ao combinar desenvolvimento econômico, proteção ao meio ambiente e justiça social, por meio de um processo de ampla participação dos diversos setores da administração pública, do setor privado e da sociedade civil organizada, tem como resultado um documento com propostas, bases de ação e atividades previstas, e seus meios de implementação (PHILIPPI JR e ZULAUF 1999).

Assim, o documento da Agenda 21 vem agregar no processo de planejamento novos instrumentos, informações e compromissos, de modo a vencer os problemas de compartimentalização, demora e ineficácia do processo como um todo.

A prática do planejamento para o desenvolvimento sustentável pressupõe portanto um enfoque interdisciplinar e o entendimento real das bases da sustentabilidade. Algo que parece utópico, considerando a grande complexidade dos sistemas envolvidos e então a limitação de sua compreensão sistêmica, carência de ferramentas e tecnologias disponíveis, e mesmo a prática da interdisciplinaridade. Dificultando portanto o

desenvolvimento e avaliação de indicadores de desenvolvimento sustentável.

A tendência atual é de se dar maior ênfase na gestão local, respaldada inclusive pela Constituição Federal de 1988, embora o planejamento local deverá estar em harmonia com o planejamento regional e de outras instâncias (PHILIPPI e ZULAUF 1999). Isto fica bastante claro na questão da poluição atmosférica, com impactos e conflitos que não respeitam fronteiras administrativas, com problemas que já são observados desde o início da revolução industrial, quando, por causa do consumo elevado de carvão em processos industriais na Inglaterra, as chuvas ácidas começaram a trazer impactos ambientais para os países nórdicos.

Grandes plantas industriais, queimadas, rodovias, são alguns dos exemplos que necessitam de enfoques integrados – regional e local - para sua gestão, se o objetivo é o desenvolvimento sustentável.

Na mesma direção que a gestão das águas, cuja base de estudo e decisão são as bacias hidrográficas, também é necessário o estabelecimento das “bacias aerográficas”, como base físico-política para gestão da poluição do ar e para a implantação de indicadores de qualidade do ar para avaliação e acompanhamento do desenvolvimento sustentável da região.

Assim, a compreensão do processo de gestão da poluição do ar, e também o inter-relacionamento entre os diferentes âmbitos de decisão e impacto – local, regional, nacional e global – são passos necessários para avaliação do uso potencial de indicadores de qualidade do ar como indicadores de desenvolvimento sustentável local.

Por exemplo, a poluição do ar e o risco ao qual parte da população e o meio ambiente estão expostos tem relação com o planejamento do uso do solo. No momento em que uma fonte potencial de poluição é instalada, como por exemplo uma planta industrial ou uma via de tráfego, ocorre naturalmente uma mudança de uso no entorno, cujo risco ao qual a população estará

exposta depende principalmente do tipo e quantidade do poluente, das condições climáticas (microclimáticas), das características sócio-culturais da população e do sistema natural do entorno.

Um olhar “monosetorial” de um economista, poderá avaliar a situação positivamente, considerando o aumento da oportunidade de emprego, valorização da terra, aumento de arrecadação, e outros. Já um sociólogo, dentro de um olhar segmentado, poderá argumentar os impactos na cultura local. Um ecologista poderá focar o maior potencial de degradação dos recursos naturais da região (SERAGELDIN e STEER 1994).

A este conjunto de olhares, há de se considerar a visão da comunidade, que é formada por diferentes atores, com interesses, disponibilidade, força político-econômica, conscientização em diversos níveis e direções.

Os instrumentos da política ambiental disponíveis, especialmente a Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, nos termos da Lei Federal 6938/81 (BRASIL 1981), a Resolução CONAMA 001/86 (CONAMA 1986) e a Resolução CONAMA 237/97 (CONAMA 1997) são entretanto restritos à análise de projetos e obras.

O processo de Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, o Estudo de Impacto Ambiental e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA e as audiências públicas, procuram avaliar de forma conjunta os impactos, ações mitigadoras e amplificadoras, com participação dos atores. O Estudo de Impacto Ambiental – EIA deve elencar indicadores para o monitoramento dos impactos e portanto para acompanhamento dos resultados.

Discussões vêm sendo feitas para implantação do processo de avaliação de impacto ambiental para Políticas Públicas. MAGLIO (1999), comenta que “entre as estratégias preventivas deverão ser iniciados esforços para a inclusão da Análise Ambiental Estratégica - AAE em todas as esferas de governo, através de Análise Ambiental Estratégica de Políticas Municipais, Planos Diretores Urbanísticos e Programas Urbanos. A Análise Ambiental

Estratégica é um processo sistemático de comunicação das considerações e consequências ambientais nas políticas, planos e programas, antes que estes sejam implementados”(p. 84).

Desta forma, para a AAE, deverão também ser pesquisados indicadores para o monitoramento e avaliação das políticas, planos e programas, de forma que incorporem a questão do desenvolvimento sustentável.

O Plano de Desenvolvimento Sustentável

MALHEIROS (1996) propõe a elaboração de um **PLANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – PDS**, que irá traduzir os anseios da comunidade em políticas, planos, programas e projetos, e cujo objetivo é a melhoria da qualidade de vida e a proteção do meio ambiente. É proposta uma metodologia para a elaboração do PDS, dentro de um enfoque interdisciplinar, com o envolvimento da comunidade em todo o processo e moldado para a realidade dos municípios brasileiros.

Tendo em vista a importância da participação da comunidade, alguns aspectos devem ser considerados no processo de gestão ambiental (MALHEIROS 1996):

- (a) os beneficiários, que são a própria comunidade, podem fornecer importantes informações no processo de planejamento, melhorando o entendimento dos problemas e soluções; certamente os valores da equipe técnica a qual elabora o planejamento do cidade pode não ser representativa daqueles da comunidade;
- (b) os custos associados às decisões tomadas em conjunto com a comunidade serão divididos por toda a comunidade;
- (c) a participação da comunidade no processo administrativo pode contrabalancear a dominância de grupos de interesse político;
- (d) decisões tomadas sem a participação e o conhecimento da comunidade

correm o risco de falhar no futuro, pois podem ocorrer protestos e falta de apoio;

- (e) o processo participatório permite aos cidadãos tomar parte ativa no processo de decisão, o que os faz perceber que seus problemas e desejos foram justamente considerados, e ainda, o que é mais importante, eles se sentem responsáveis pelo sucesso dos planos, programas e projetos que serão propostos pelo Plano de Desenvolvimento Sustentável.

O que ocorre é uma certa inexperiência dos gerentes municipais na promoção efetiva da participação da comunidade em todo o processo de gestão municipal. Assim, em diversos casos a “participação da comunidade” se dá somente através do preenchimento de formulários de coleta de dados, ou como mão de obra em mutirões de construções.

Portanto, a estratégia do Plano de Desenvolvimento Sustentável, ao promover o envolvimento da comunidade é o fortalecimento comunitário, a construção de capacidade do beneficiário e o aumento da eficiência e eficácia dos projetos.

São três fases principais que compõem o desenvolvimento do PDS, conforme MALHEIROS (1996): eclosão, que pode ocorrer a partir da idéia de se melhorar algum problema através de uma ação coletiva da comunidade; discussão, onde muitas idéias virão e serão discutidas, de forma formal e informal, em grupos variados, quando inclusive pode-se sentir como algumas propostas se encaixam dentro do processo como um todo; organização, depois que a discussão informou a comunidade das possibilidades do PDS, as pessoas e organizações interessadas puderam avançar de uma maneira geral, é hora de se partir para uma ação mais estruturada.

Ainda conforme MALHEIROS (1996), os passos que levam à construção e implantação do Plano de Desenvolvimento Sustentável pressupõem a

necessidade de mudanças: do enfoque setorizado para o holístico e integrado, no qual todos os setores e grupos, da área rural e urbana, serão considerados, como também suas inter-relações e prioridades analisadas; do enfoque de cima para baixo para o das bases para as elites, através da promoção do envolvimento efetivo da comunidade em todo o processo de gestão municipal, fortalecimento do sistema educacional, conscientização da comunidade para os problemas da sua cidade e meio ambiente; de estruturas inchadas e custosas para dinâmicas e eficazes, através do investimento em treinamento e educação dos profissionais do setor público, o qual deve assumir uma posição de coordenação e controle, e repassar adequadamente ao setor privado e comunidade parte dos serviços públicos, como também através da cobrança real dos custos dos serviços; da análise econômica para sócio-econômica e ambiental, onde os benefícios sociais e aspectos ambientais, os quais são difíceis e limitados para serem medidos em termos econômicos, serão considerados de forma integrada e justa; da ação passiva para a pró-ativa, fazendo uso de um planejamento orientado em objetivos, transformando problemas complexos e soluções altamente custosas, em projetos simples e integrados, com ênfase em soluções apropriadas e em bases sustentáveis.

As dificuldades financeiras, estruturais e institucionais no âmbito do município poderão ser aliviadas através de uma melhor programação e definição de prioridades para as reais necessidades da comunidade, em harmonia com as características culturais e ambientais locais. Assim, um planejamento a médio e longo prazo, continuidade na execução dos planos estabelecidos, e o envolvimento da comunidade, no papel de fonte de informação e busca de soluções adequadas, divisão de responsabilidades e obrigações, e como agente fiscalizador do processo de desenvolvimento sustentável, são algumas das medidas a serem colocadas em prática.

Desta forma, o Plano de Desenvolvimento Sustentável atende aos princípios da Agenda 21, tratando-se de um processo de orientação para o desenvolvimento sustentável da cidade, cuja metodologia de elaboração

pressupõe a efetiva participação da comunidade, o entendimento integrado dos potenciais (vocações) e problemas, e a idealização da cidade desejada.

Um aspecto do PDS é que, mais importante do que o próprio documento final, o processo de elaboração é ao mesmo tempo um processo de participação, de conscientização e construção da cidadania, formando assim um dos pilares do desenvolvimento sustentável.

Dentro deste enfoque, a elaboração do PDS é um processo estratégico no desenvolvimento urbano, pois o processo tradicional de elaboração em geral não consegue captar e atender às expectativas das comunidades e do órgão gestor. Assim, o PDS possibilita uma visão real da vocação, uma melhor compreensão das partes constituintes da cidade e suas inter-relações, criando condições propícias à elaboração de um Plano Diretor Municipal de Desenvolvimento Sustentável.

Conforme MONTEIRO (1990), o Plano Diretor Municipal tem a proposta de interferir no processo de desenvolvimento local, por meio da compreensão integrada dos fenômenos políticos, sociais, econômicos e financeiros que condicionam a evolução do município, e que quando inexistente, favorece a ocupação desordenada do espaço urbano.

O Plano Diretor Municipal – PDM é um plano de orientação de médio e longo prazos, que contém por exemplo as categorias de uso do solo e sua distribuição espacial. O PDM tem como pressuposto o crescimento da cidade e a necessidade de seu ordenamento, e assim são feitas projeções de crescimento populacional, são criadas as áreas industriais, residenciais, a proposta de obras de infraestrutura para atendimento à população atual e futura, entre outros pontos. Também complementam o Plano Diretor as normas com as quais a comunidade define o quanto que restringir ou não o tipo de construção na cidade, e as características que têm relação com o saneamento de edificações. As informações do Plano Diretor nortearão outros planos, programas e projetos mais detalhados, de curto a longo prazos, como o sistema de transporte urbano, saneamento, infraestrutura

urbana, parcelamento do solo, sistema de lazer, saúde e educação e outros.

A Lei nº 10.257/2001 – “Estatuto da Cidade” (BRASIL 2001), que estabelece as diretrizes gerais da política urbana I, reforça o direito do cidadão à cidade sustentável, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações. É garantida e necessária também a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano.

A Lei estabelece a necessidade de “adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência”. (BRASIL, 2001, art. 2)

Esta mesma lei, reforça a necessidade e obrigatoriedade da elaboração do Plano Diretor, como instrumento da política urbana, para os municípios com mais de 20.000 habitantes e traz como novidade a obrigatoriedade para aqueles municípios integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, e integrantes de áreas de especial interesse turístico.

Conforme BRASIL (2001), o Plano Diretor deverá seguir os princípios do desenvolvimento sustentável, e em seu artigo 42, traz a necessidade de um sistema de acompanhamento e controle. Desta forma, o Estatuto da Cidade reforça a necessidade de implantação de indicadores de desenvolvimento sustentável para a gestão adequada das cidades.

Portanto, num processo de desenvolvimento sustentável é possível se pensar no uso dos indicadores de qualidade do ar como ferramenta na elaboração do plano de desenvolvimento e como instrumento de avaliação e comunicação.

Finalmente, e não menos importante, na elaboração de um Plano de

Desenvolvimento Sustentável (ou um Plano Diretor Municipal, dentro dos princípios de Desenvolvimento Sustentável) para uma cidade, como pensar na utilização dos indicadores de qualidade do ar como instrumento de avaliação dos resultados, ou seja, como indicador de desenvolvimento sustentável?

É possível focar o uso dos indicadores de qualidade do ar em três etapas distintas de um Plano de Desenvolvimento Sustentável Municipal :

a) Como função de diagnóstico: Ao possibilitar a caracterização do nível potencial de exposição da população, da fauna e flora, o estudo de caso em Jacareí ilustra o potencial do indicador de Material Particulado, na função de diagnóstico para subsídio ao planejamento. Um levantamento da qualidade do ar pode indicar áreas com níveis de poluição acima dos padrões estabelecidos, e portanto indicando que parte da população pode estar sujeita a um maior risco de exposição. Este levantamento pode também ajudar na indicação de aptidão de uso do solo, que quando somado a outros fatores como tipo de solo e declividade, por exemplo, serve para indicar áreas mais propícias a usos residenciais, industriais, comércio, lazer, etc. Pode, antes de mais nada indicar se a cidade tem problemas com poluição do ar.

b) Como função estratégica de planejamento : No planejamento para o desenvolvimento sustentável é necessária a compreensão clara das causas potenciais e os mecanismos geradores da poluição do ar. Por exemplo, ao considerar o sistema viário e os veículos como fonte de poluição, foi possível então avaliar potencialmente a qualidade e quantidade de poluentes produzidos em função da quilometragem de viagem, velocidade e forma de condução, tipo de pavimento, do desenho da cidade, no que se refere aos padrões de construção e os seus impactos nas condições microclimáticas. O estudo da relação dos volumes de transporte (mobilidade) e poluição do ar contribuem no planejamento da distribuição da população, das áreas de trabalho, lazer e cultura, padrões de consumo.

c) No monitoramento do Plano de Desenvolvimento Urbano : Ao se avaliar os impactos diretos das medidas de planejamento na qualidade do ar, o indicador poderá monitorar se as ações propostas no Plano de Desenvolvimento resultaram em melhoria dos pontos identificados como críticos, em termos de exposição da população (risco), e em comparação com os objetivos fixados pelo Plano.

5 QUALIDADE DO AR

Poluição do ar é o resultado da alteração das características físicas, químicas ou biológicas deste meio, de forma a causar danos ao homem, à fauna e à flora, aos materiais, ou que possa restringir o uso da propriedade, ou ainda afetar negativamente o bem estar da população (CETESB 2001).

As emissões podem ser provenientes de processos naturais, como no caso de erupção de vulcões, incêndios florestais, odores provenientes de processos de decomposição de matéria orgânica. Para alguns tipos de poluentes, as emissões provenientes de processos naturais podem exceder as emissões provenientes de atividades antrópicas, como é o caso do dióxido de enxofre – SO_2 , quando considerado em escala global (WHO 1999).

As fontes de poluição do ar são provenientes da ação antrópica, tais como a queima de combustíveis fósseis, incineração, inseticidas, efluentes gasosos de processos industriais, e outros. “Quando considerados os efeitos da poluição do ar sobre a saúde, principalmente em áreas urbanas com alta densidade demográfica, as emissões antropogênicas são muito importantes e são aquelas para as quais a atenção é geralmente direcionada com vistas ao controle” (WHO 1999; p. 9).

Considera-se como fonte de poluição qualquer processo, equipamento, sistema, máquina, empreendimento, etc, que possa liberar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera, de forma a torná-la poluída (ASSUNÇÃO 2000).

O impacto das emissões na atmosfera depende principalmente de fatores qualitativos e quantitativos da fonte de emissão, como também de fatores climáticos, topográficos e das características de uso e ocupação do solo.

A exposição à poluição atmosférica é tão antiga quanto a exposição do

ser humano ao fogo. Há evidências arqueológicas que a poluição do ar em ambientes internos criaram problemas para os humanos, os quais usavam fogo em espaços confinados (WHO 1999).

As emissões antropogênicas provocam efeitos negativos para o meio atmosférico, podendo ocasionar episódios agudos de poluição do ar, que se caracterizam pela pequena duração, de minutos a alguns dias, e por provocarem consequências graves. No caso do Vale do Mosela na Bélgica, na década de 1930, as emissões provenientes de indústrias siderúrgicas e fundições, associadas a condições ruins de dispersão atmosférica, resultaram no aumento da concentração de enxofre e material particulado na atmosfera, tendo como consequência a morte de sessenta pessoas, principalmente idosos. Diversos episódios agudos têm ocorrido no mundo inteiro, aumentando cada vez mais a preocupação da população com a poluição do ar (WHO 1999).

Um exemplo da importância da questão da poluição do ar na gestão urbana, é o caso do município de São Paulo. O processo de industrialização (por exemplo tipo de empreendimento, sistema de controle de emissões adotado, entre outros), uso e ocupação do solo (por exemplo local de instalação dos empreendimentos, distância entre outros usos, entre outros), e as condições meteorológicas que são desfavoráveis à dispersão de poluentes, tais como a ocorrência frequente de inversão térmica de baixa altitude no inverno e forte radiação solar durante as outras estações, além da topografia, que é uma planície rodeada de montanhas ao norte e noroeste, resultaram em condições que favorecem a deterioração da qualidade do ar na área urbana (RIBEIRO e ASSUNÇÃO 2001).

5.1 Aspectos físicos-químicos da poluição do ar, e problemas de saúde pública

Uma das formas de classificação dos poluentes atmosféricos, que considera o estado físico do poluente, é ilustrada na Tabela 9. Esta forma

de classificação separa os poluentes em Material Particulado e Gases e Odores.

Conforme WHO (1999), Material Particulado inclui Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI – partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor do que 10 μm), Partículas Inaláveis Finas – PM_{2,5} (partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor que 2,5 μm), partículas finas e ultrafinas; exaustão diesel; poeira de carvão e poeiras minerais (por exemplo asbestos, calcáreo, cimento); poeiras metálicas e fumos (por exemplo zinco, cobre, ferro, chumbo); névoas ácidas (por exemplo névoa de ácido sulfúrico, névoas de pesticidas, névoa de pintura, fumaça de óleo).

Tabela 9 - Classificação dos poluentes atmosféricos conf. estado físico.

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
Material particulado	partículas sólidas ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar, ou formadas na atmosfera, com tamanho variando na faixa de 0,01 a 100 μm (em diâmetro aerodinâmico equivalente)	poeiras : partículas sólidas, geralmente formadas por processo de desintegração mecânica; poeira de rua, pó de pedra, poeira de cimento, etc fumos : partículas sólidas formadas por condensação ou sublimação de substâncias gasosas ; fumos de chumbo, de alumínio, etc. fumaça : partículas principalmente sólidas, proveniente da combustão de combustíveis fósseis ou madeira; névoas : partículas líquidas produzidas por condensação ou por dispersão de um líquido; névoas de ácido sulfúrico, névoas de óleo de operação de corte de material, névoa de pesticida, etc;
gases e vapores	poluentes na forma molecular	monóxido de carbono, gás carbônico, dióxido de enxofre, ozônio, óxido de nitrogênio, etc

Fonte : WHO (1999)

As Partículas em Suspensão provocam doenças respiratórias que podem causar câncer, provocam corrosão de materiais e destruição da flora. Podem causar também incômodo, como por exemplo acúmulo de sujeira, interferência na luz solar, e também funcionam como superfície catalítica para reação de produtos químicos adsorvidos. (WHO 1999)

As Partículas Inaláveis Finas (com diâmetro aerodinâmico médio menor que 2,5µm) têm comportamento físico-químico diferenciado das partículas inaláveis grossas (com diâmetro aerodinâmico médio menor que 10µm e maior do que 2,5µm), resultando em riscos e impactos diferenciados na saúde pública e meio ambiente, conforme detalhado na Tabela 10. As partículas inaláveis finas são geralmente emitidas por atividades, tais como: combustão industrial e residencial, exaustão de veículos automotores, etc. As partículas inaláveis finas também se formam na atmosfera a partir de gases como o dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis, que são emitidos em atividades de combustão, transformando-se em partículas, como resultado de reações químicas no ar. As partículas inaláveis finas penetram mais profundamente no trato respiratório, sendo que as partículas menores do que 0,5 µm podem se depositar nos alvéolos (CETESB 2001, WHO 1999).

Tabela 10 - Comparação entre as características de partículas finas e partículas grossas.

	Partículas Finas ⁽¹⁾	Partículas Grossas ⁽²⁾
origem	gases	sólidos e gotas grandes
formação	reação química; nucleação; condensação; coagulação; evaporação de gotas de fog e nuvens nas quais há gases que se dissolveram e reagiram	ruptura mecânica (impacto, abrasão de superfícies); evaporação de sprays; ressuspensão de poeiras;
composição	sulfato, SO ₄ ⁻ ; nitrato NO ₃ ⁻ ; amônia NH ₄ ⁺ ; ion de hidrogênio H ⁺ ; carbono elementar; compostos orgânicos; metais (Pb, Cd, Ni, Zn, Fe, Mn);	poeira ressuspensa (poeira de solo, da rua); poeira de carvão, óxidos metálicos, carbonatos de cálcio, sal marinho, pólen, fragmentos de plantas e animais, e outros.
solubilidade	muito solúvel, higroscópico;	muito insolúvel e não higroscópico;
fontes principais	combustão de carvão, óleo, gasolina, diesel, madeira; produtos de transformação atmosférica de NO _x , SO ₂ e compostos orgânicos;	ressuspensão de poeira industrial e poeira das ruas; suspensão de poeira do solo, em ruas não pavimentadas, agricultura; fontes biológicas; construção e demolição; brisa marítima;
tempo de vida na atmosfera	dias a semanas	minutos a horas
distância que podem percorrer	centenas a milhares de quilômetros	menos do que um quilômetro a dezenas de quilômetros

(1) Partículas Finas (partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor do que 2,5 µm)

(2) Partículas Grossas (partículas com diâmetro aerodinâmico médio maior do que 2,5 µm)

Fonte : WHO (1999)

Conforme CETESB (2001), estudos realizados na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP em 1987, 1993, 1997 e 2000, mostram que a fração fina predomina nas Partículas Inaláveis - PI (partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor do que 10 μm), correspondendo a cerca de 60% deste material.

Na fração grossa das partículas merece atenção as partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 μm e 10,0 μm , que apresentam comportamento intermediário na atmosfera entre as partículas finas e grossas. Esta fração pode ter tempo de vida da ordem de dias e percorrer distâncias maiores que 100 quilômetros. Na parte de saúde pública também merecem atenção, tendo em vista a capacidade de penetração no sistema respiratório e os problemas de saúde conseqüentes (WHO 1999).

Mantidas as emissões atmosféricas, a qualidade do ar pode mudar em função basicamente das condições meteorológicas que determinam uma maior ou menor diluição dos poluentes. Desta maneira, por exemplo, a qualidade do ar em algumas regiões piora durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes. A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores (CETESB 2001).

Conforme WHO (1999), no panorama mundial, com ênfase para os países em desenvolvimento, os níveis de poluição para PTS excedem os 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (concentração média anual), com níveis excedendo 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em cidades da China e Índia. Não há evidências de mudanças gerais sistemáticas e significativas nos níveis de PTS, pois os dados do Sistema de Informação do Gerenciamento do Ar (Air Management Information System - AMIS) mostram tendências de diminuição, como também de aumento nas diversas cidades monitoradas.

Poucas cidades monitoram Partículas Inaláveis – PI (partículas com diâmetro aerodinâmico menor do que 10 μm). As médias mais comuns para PI variam entre 50 – 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; as maiores concentrações, excedendo 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, foram observadas em Calcutá e Nova Delhi. Embora as informações sejam limitadas, uma comparação das concentrações de PTS e PI mostra uma relação de 0,4 a 0,8 (PI / PTS). (WHO 1999)

Conforme WHO (1999), os efeitos do material particulado na saúde dependem do tamanho da partícula e sua concentração, e podem variar durante o dia conforme as flutuações nos níveis de PI e PM_{2,5}. Incluem efeitos agudos, como por exemplo o aumento da mortalidade diária e aumento nos atendimentos dos centros de serviços de saúde. Os efeitos a longo prazo também incluem aumento da mortalidade e morbidade respiratória, mas há ainda poucos estudos sobre os efeitos do material particulado para estes casos.

Estudos epidemiológicos atuais não conseguiram ainda definir um valor limite abaixo do qual os materiais particulados em suspensão não causem problemas à saúde. Estudos recentes, conforme WHO (1999), sugerem que mesmo concentrações abaixo de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado em suspensão, tanto para Partículas Totais em Suspensão – PTS ou Partículas Inaláveis – PI, exposições de curto período podem causar problemas de saúde (p. 41)

Estudos vem sendo desenvolvidos sobre os efeitos sobre a saúde referente ao material particulado PM_{2,5}, e conforme novas pesquisas vão sendo feitas, observa-se uma tendência maior para o monitoramento de partículas de fração mais fina em relação às mais grossas. Estudos recentes sugerem que os efeitos deletérios do PI à saúde estão mais associados às partículas finas - PM_{2,5} e menos associados às partículas mais grossas - PI menos PM_{2,5} (WHO 1999, p. 42 e 44).

Conforme MIRANDA et al. (1994) “estudos nacionais de morbidade têm mostrado as doenças respiratórias com uma participação importante no conjunto de manifestações apresentadas em estudo abrangendo todos os hospitais do Vale do Paraíba a participação das doenças respiratórias alcançou 11,4%”(p.11) .

Conforme ROMIEU (1992), variações na média diária (24 horas) do poluente Partículas Totais em Suspensão têm sido associadas com o aumento da morbidade, mortalidade e redução nas funções pulmonares.

Ainda conforme ROMIEU (1992), estudos mostram que um aumento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração média de PTS, estão associados a 4% de aumento na mortalidade no dia seguinte.

Em alguns estudos, mudanças nos níveis de funções pulmonares em crianças têm sido associados com flutuações de curto período para o poluente material particulado. Conforme ROMIEU (1992), estudos sugerem o valor de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PTS (24 horas) como valor mínimo a partir do qual estas alterações podem ser observadas em crianças.

Estudos realizados por SALDIVA et al. (1995) para a RMSP, no período de maio de 1990 até abril de 1991, demonstraram uma associação estatisticamente significativa entre mortalidade diária de idosos e poluição por Partículas Inaláveis – PI, onde um aumento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PI está associado estatisticamente a 13% no aumento da taxa de mortalidade diária de idosos. Foi observado também que a associação é maior nos meses de verão. Conforme SALDIVA et al. (1995) “este fato pode ser devido a ocorrência de doenças infecciosas ser menos comum no verão, possibilitando que os efeitos da poluição sejam de mais fácil observação; pode ser devido ao maior número de atividades externas, que resultam em maior exposição à poluição atmosférica; ou pode ser simplesmente resultado de imprecisão estatística” (p.162).

As doenças respiratórias têm impacto na economia e no processo de desenvolvimento, pois causam absenteísmo nas escolas e trabalho, sobrecarregam os serviços de saúde, entre outros.

A ocorrência das doenças respiratórias tem como determinantes os fatores de clima, meteorologia e topografia (temperatura, ventos, insolação, inversão térmica, entre outros); uso e ocupação do solo (poluentes urbanos, poluentes agro-industriais, queimadas urbanas e agrícolas, poeira do solo, frota de veículos); condições de vida (assistência à saúde, educação para a saúde, tabagismo, fatores emocionais, atividades ocupacionais) e atributos individuais (condições de gestação, nascimentos prematuros, tipo de amamentação, pré disposição genética), cujo conjunto dos efeitos poderá resultar no aparecimento da doença (MIRANDA et al. 1994).

Conforme MIRANDA et al. (1994) um estudo realizado em quatro cidades do Estado de São Paulo, São José dos Campos, Atibaia, Campinas e Ribeirão Preto, cujas características físicas (altitude, clima, qualidade do ar, uso do solo e situação paisagística) caracterizam situações distintas, possibilitaram uma análise estatística correlacionando os determinantes das doenças respiratórias, com ênfase para as crônicas (doença pulmonar obstrutiva crônica e afecções afins – como por exemplo bronquite crônica, enfisema, asma).

Umas das conclusões do estudo foi que “além da temperatura, do mês e do ano, podem ser evidenciados – com nível de significância estatística – outros fatores ambientais contribuindo para o aumento das doenças respiratórias crônicas, no caso de São José dos Campos e Campinas com índices de incidência de risco bem superiores aos dois outros municípios, característicos de uma situação de progressiva degradação da qualidade ambiental e de predominância das atividades urbanas e industriais” (MIRANDA et al. 1994, p. 70).

Tabela 11 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera

poluentes	características	fontes principais	efeitos gerais sobre a saúde	efeitos gerais ao meio ambiente
Partículas Totais em Suspensão(PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 µm	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito à saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Inaláveis (PI) e Fumaça Faixa de tamanho < 10 µm	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre(SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO ₂ .	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas
Dióxido de Nitrogênio(NO ₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Aumento da sensibilidade à asma e à bronquite, abaixar a resistência às infecções respiratórias.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízo dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo, no aprendizado, de trabalho e visual.	
Ozônio(O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente à atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposição a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração. O O ₃ tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Fonte : WHO (1999)

5.2 Gestão da Qualidade do Ar

A gestão da qualidade do ar tem papel importante no processo de gestão urbana, conforme ilustrado na Figura 12. Desta forma, o propósito principal da avaliação da qualidade do ar é fornecer informações necessárias para a tomada de decisões para gestão e melhoria do meio ambiente e qualidade de vida para a população.

Fonte : WHO (1999)

Figura 12 - O papel das atividades de gestão da qualidade do ar no processo de planejamento e gestão urbana.

Embora o monitoramento de poluentes tenha um papel importante no processo de gestão urbana, a sua realização isolada para acompanhamento da qualidade do ar pode ser insuficiente ou impraticável para o propósito de avaliar e definir por completo o nível de exposição de uma população em uma cidade. É necessário que seja desenvolvido em conjunto com outras ferramentas, como modelagem, medição de

emissões, inventários, interpolação e mapeamento.

A modelagem também se executada sozinha é limitada, principalmente para aplicações no planejamento de uma cidade, onde há uma infinidade de fontes e pouca disponibilidade de dados confiáveis.

Assim, um plano de monitoramento, para que possa atingir seus objetivos, deve considerar: coleta de dados (com controle e garantia da qualidade); análise dos dados coletados; comunicação a todos os atores da cidade, de modo a construir conscientização, demanda e respostas necessárias por meio de políticas públicas. Para tanto, são necessários recursos financeiros, pessoal capacitado e um período de tempo mínimo de coleta de dados.

A determinação sistemática da qualidade do ar em geral é feita, por problemas inclusive de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, a escolha recai sempre sobre um grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, consagrados universalmente: dióxido de enxofre (SO_2), poeira em suspensão, monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2). A razão da escolha destes parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente (WHO 1999; CETESB 2001).

Os principais objetivos de um monitoramento da qualidade do ar são (WHO 1999, CETESB 2001):

- a) Fornecer dados para ativar ações de emergência durante períodos de estagnação atmosférica quando os níveis de poluentes na atmosfera possam representar risco à saúde pública;
- b) Avaliar a qualidade do ar à luz de limites estabelecidos para proteger a saúde e o bem estar das pessoas;

- c) Acompanhar as tendências e mudanças na qualidade do ar ocasionadas pelas emissões de poluentes.

A gestão da qualidade do ar inicia-se, em geral, com o atendimento a reclamações de incômodos causados pela poluição do ar, levando posteriormente ao estudo de poluentes atmosféricos e seus efeitos. Um aumento excessivo na taxa de morbidade e mortalidade durante o período de expansão econômica do pós-guerra, teve como resultado o início efetivo de um processo de controle da poluição em diversos países.

Os altos índices de poluição atmosférica nos Estados Unidos da América e na Europa resultaram em excesso de mortes, como por exemplo em Londres, mais de 4000 mortes em excesso deveram-se a uma situação atmosférica de baixa dispersão, fog, fumaça e excesso de dióxido de enxofre – SO_2 , durante cinco dias consecutivos em dezembro de 1952 (WHO 1999).

Como consequência deste e de outros desastres, as populações urbanas de diversas cidades, principalmente em países desenvolvidos, pressionaram o governo para a tomada de ações visando a melhoria da qualidade do ar.

Assim, foram estabelecidos Padrões de Qualidade Ambiental, onde busca-se níveis de qualidade que atendam determinadas funções ou objetivos e que sejam aceitos pela sociedade. Para que os indicadores de qualidade do ar possam ser utilizados como Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, é também necessário que os Padrões de Qualidade Ambiental incorporem os princípios do desenvolvimento sustentável.

Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes

específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada (WHO 1999; CETESB 2001).

No Brasil, no âmbito federal pela Portaria Minter n.º 231 de abril de 1976 e pela Resolução CONAMA 03/90 e no âmbito do Estado de São Paulo pelo Decreto Estadual 8468 de setembro de 1976, foram estabelecidos os Padrões de Qualidade do Ar para a proteção da saúde pública e meio ambiente. São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar, os primários e os secundários, cujos padrões estão colocados na Tabela 12.

Os padrões primários de qualidade do ar representam as concentrações de poluentes que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo (CONAMA 1990).

São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo (CONAMA 1990).

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados às áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc). Não se aplicam, pelo menos a curto prazo, às áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários. Como prevê a Resolução CONAMA n.º 03/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas os padrões aplicáveis serão os primários.

Tabela 12 - Padrões nacionais de qualidade do ar

poluente	tempo de amostragem	padrão primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	padrão secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	método de medição
partícula totais em suspensão (PTS)	24 horas ¹	240	150	amostrador de grandes volumes
partículas inaláveis (PI)	MGA ²	80	60	separação inercial/filtração
	24 horas ¹	150	150	
	MAA ³	50	50	
fumaça	24 horas ¹	150	100	refletância
	MAA ³	60	40	
dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas ¹	365	100	pararosanilina
	MAA ³	80	40	
dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190	quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
monóxido de carbono (CO)	1 hora ¹	40.000 35 ppm	40.000 35 ppm	infravermelho não dispersivo
	8 horas ¹	10.000 9 ppm	10.000 9 ppm	
ozônio (O ₃)	1 hora ¹	160	160	quimiluminescência

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Fonte : (Resolução CONAMA n.º 3 de 28/06/90)

A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Esses critérios são apresentados na Tabela 13. A decretação dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes

A Legislação do Estado de São Paulo – Decreto Estadual 8468 de 08/09/1976 - também estabelece padrões de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar, mas abrange um número menor de parâmetros. Os parâmetros fumaça, partículas inaláveis e dióxido de nitrogênio não têm padrões e critérios estabelecidos na Legislação

Estadual. Os parâmetros comuns às legislações federal e estadual têm os mesmos padrões e critérios, com exceção dos critérios de episódio para ozônio. Neste caso a Legislação Estadual é mais rigorosa para o nível de atenção (200 µg/m³) e menos rigorosa para o nível de emergência (1.200 µg/m³). O nível de alerta é o mesmo (800 µg/m³). O nível de atenção é declarado pela Cetesb com base na Legislação Estadual que é mais restritiva (200 µg/m³).

Tabela 13 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar.

parâmetros	episódios agudos, conforme concentração do poluente		
	atenção (µg/m³)	alerta (µg/m³)	emergência (µg/m³)
partículas totais em suspensão (PTS) – 24 horas	375	625	875
partículas inaláveis (PI)	250	420	500
24 horas			
fumaça	250	420	500
24 horas			
dióxido de enxofre – SO ₂	800	1.600	2.100
24 horas			
SO ₂ x PTS	65.000	261.000	393.000
24 horas	(µg/m³)(µg/m³)	(µg/m³)(µg/m³)	(µg/m³)(µg/m³)
dióxido de nitrogênio – NO ₂	1.130	2.260	3.000
1 hora			
monóxido de carbono – CO	15	30	40
8 horas	(ppm)	(ppm)	(ppm)
ozônio – O ₃	400	800	1.000
1 hora			

Fonte : CONAMA (1990)

As providências tomadas à partir do estado de ‘Atenção’ e ‘Alerta’ têm por objetivo evitar atingir o estado de ‘Emergência’, e estão simplificadas na Figura 13.

Fonte : CONAMA (1990).

Figura 13 - Providências tomadas conforme nível de poluição.

A poluição do ar tem sido um tema extensivamente pesquisado nas últimas décadas e atualmente caracteriza-se como um fator de grande importância na busca da preservação do meio ambiente e na implementação de um desenvolvimento sustentável, pois esta poluição afeta de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais.

Originalmente pensava-se que os problemas de poluição do ar gerados pela ação antropogênica ficariam restritos aos ambientes fechados ou às áreas muito próximas das fontes de poluição. Muito se avançou na avaliação dos problemas de poluição do ar em diferentes escalas de influência, passando pelas áreas próximas de zonas industriais, grandes centros urbanos, o transporte entre regiões, e finalmente a contaminação em escala global, como por exemplo os efeitos sobre a camada de ozônio na estratosfera, e outros que podem inclusive provocar alterações

climáticas no planeta.

O Estado de São Paulo, através da Cetesb, mantém, desde a década de 1970, redes de monitoramento da qualidade do ar, que têm permitido uma avaliação da qualidade do ar nas escalas local e regional. Em termos de qualidade do ar, pode-se dividir o Estado de São Paulo em áreas que possuem diferentes características e, por isto mesmo, necessitam de diferentes formas de monitoramento e controle da poluição.

O Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar da CETESB no Estado de São Paulo é integrado por um sistema de 28 estações na Grande São Paulo, Cubatão, Campinas, São José dos Campos e Sorocaba; e um sistema não-automático (manual) composto por 18 estações no interior do Estado.(CETESB, 2001)

Os poluentes atmosféricos monitorados são dióxido de enxofre – SO_2 , Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis - PI, monóxido de carbono – CO, oxidantes fotoquímicos, expressos como ozônio – O_3 , hidrocarbonetos totais HC e óxidos de nitrogênio NO_x .

No processo de gestão da qualidade do ar é usual a utilização de um índice de qualidade do ar para facilitar o processo de divulgação e informação à comunidade. O índice de qualidade do ar atualmente em uso na CETESB vem sendo utilizado desde maio de 1981. Este índice foi concebido com base no "PSI - Pollutant Standards Index", cujo desenvolvimento se baseou numa experiência acumulada de vários anos nos Estados Unidos e Canadá. Este índice foi desenvolvido nos Estados Unidos pela EPA a fim de padronizar a divulgação da qualidade do ar pelos meios de comunicação. (CETESB, 2001)

A estrutura do índice de qualidade do ar contempla, conforme Resolução CONAMA n.º 3 de 28/06/90, os seguintes parâmetros: Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis, fumaça, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio. O índice é obtido

utilizando-se uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração do poluente com o valor índice, resulta um número adimensional referido a uma escala com base em padrões de qualidade do ar e recebe uma qualificação seguindo a faixa - boa, regular, inadequada, má, péssima e crítica, conforme Tabela 14. Para cada poluente medido é calculado um índice. Para efeito de divulgação é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso (CETESB 2001).

A Tabela 14 apresenta os critérios de definição das faixas, os números que definem as mudanças de faixa para cada poluente (pontos de inflexão nas funções segmentadas), assim como uma descrição geral de efeitos sobre a saúde e precauções recomendadas, conforme adotadas pela CETESB.

Assim, a ultrapassagem do padrão de qualidade do ar é identificada pela qualidade inadequada (índice maior que 100). A qualidade má (índice maior ou igual a 200) indica a ultrapassagem do nível de atenção, a péssima indica a ultrapassagem do nível de alerta e a crítica a ultrapassagem do nível de emergência.

A ultrapassagem do nível de Atenção não implica necessariamente na decretação do estado de Atenção, medida esta, adotada pela Órgão Ambiental Estadual e que considera também outros fatores, como a previsão das condições de dispersão dos poluentes na atmosfera.

Tabela 14 – Estrutura do Índice de qualidade do ar (Fonte : CETESB 2001)

Qualificação/ Índice	Nível de Qualidade do Ar	SO ₂ Média 24 h µg/m ³	PTS Média 24 h µg/m ³	Produto da Média de SO ₂ x PTS Média 24 h µg/m ³	PI Média 24 h µg/m ³	Fumaça Média 24 h µg/m ³	CO Média 8 h ppm	O ₃ Média 1 h µg/m ³	NO ₂ Média 1 h µg/m ³	Descrição dos Efeitos Sobre a Saúde
Boa (0 - 50)										
50	50% PQAR	80(a)	80(a)		50(a)	60(a)	4,5	80	100(a)	
Regular (51 - 100)										
100	PQAR	365	240		160	150	9,0	160	320	Leve agravamento de sintomas em pessoas suscetíveis, com sintomas de irritação na população sadia.
Inadequada (101 - 199)										
200	ATENÇÃO	800	375	65.000	250	250	15,0	200	1130	Decréscimo da resistência física, e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfer- midades cardíaco-respiratórias.
Má (200 - 299)										
300	ALERTA	1600	625	261.000	420	420	30,0	800	2260	Aparecimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento de sintomas em pessoas saudáveis.
Péssima (300 - 399)										
400	EMERGENCIA	2100	875	393.000	500	500	40,0	1000	3000	Morte prematura de pessoas doentes e pessoas idosas. Pessoas saudáveis podem acusar sintomas adversos que afetam sua
Crítica (> 400)										
500	CRITICO	2620	1000	490.000	600	600	50,0	1200	3750	

SO₂ - dióxido de enxofre
PTS - partículas totais em suspensão
PI - partículas inaláveis

CO - monóxido de carbono
O₃ - ozônio
NO₂ - dióxido de nitrogênio

(a) - PQAR anual

Os resultados do monitoramento e do inventário de fontes de emissão mostraram a grande importância da contribuição da poluição veicular no agravamento da qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo. Também com base nas experiências e estudos em âmbito nacional e internacional sobre a questão da poluição atmosférica, deu-se origem à Resolução nº 18/86, do CONAMA, estabelecendo o PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores em nível nacional. O efeito do Proconve na redução das emissões médias dos veículo é fator importante no controle da qualidade do ar, conforme mostram os dados da Tabela 15 nos diversos estágios de desenvolvimento tecnológico exigidos pelo PROCONVE com relação à emissão dos veículos leves.

Tabela 15 - Fatores médios de emissão de veículos leves novos⁽¹⁾

ano/modelo	combustível	CO (g/km)	HC (g/km)	Nox (g/km)
1985	Gasolina	28,0	2,4	1,6
	Álcool	16,9	1,6	1,2
1989	Gasool	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-8%)
1990	Gasool	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (0%)
1994	Gasool	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)
1997	Gasool	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)
2000	Gasool	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)

1 - médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume de produção

nd - não disponível

% - refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.

Gasool - 78% gasolina + 22% álcool anidro (v/v)

Fonte : CETESB 2001

5.3 Prevenção e Controle da Poluição do Ar

Para se atingir patamares de desenvolvimento sustentável nos centro urbanos, é necessário priorizar a gestão para a melhoria da qualidade do ar, que inclui a implantação de um plano de prevenção e controle da poluição do ar.

Deverão ser privilegiadas as medidas de prevenção, que têm como objetivo evitar ou reduzir a geração do poluente, enquanto que as medidas de controle referem-se ao tratamento da emissão de poluentes.

As ações preventivas incluem, por exemplo, a redução do uso dos veículos particulares, com preferência pelo transporte coletivo, o qual deve ser do tipo menos poluente, e ser oferecido em quantidade e qualidade adequados, para que atendam a população. As medidas de desenvolvimento tecnológico também são importantes, como o desenvolvimento de combustíveis mais limpos e veículos mais econômicos e menos poluentes, embora ainda não tenham conseguido resolver o problema da poluição por veículos, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a quantidade de veículos tem aumentado continuamente (MEDINA et al. 1996).

Assim, um plano de prevenção e controle da poluição deve incluir os seguintes conjuntos de medidas (ASSUNÇÃO 2000):

- a) Planejamento urbano : a distribuição espacial adequada das fontes potencialmente poluidoras, de modo a aumentar a distância entre o gerador e o receptor, ou diminuir a geração de poluentes, como no caso do planejamento adequado do sistema viário, possibilita diminuir o risco de exposição da população.
- b) Medidas para impedir a geração de poluentes : a substituição de combustíveis, matérias-primas e reagentes em processos industriais, de geração de energia, de transporte, entre outros e a mudança para equipamentos ou processos mais eficientes, são algumas alternativas a serem consideradas neste conjunto de medidas.
- c) Medidas para reduzir a geração de poluentes : estas medidas podem incluir a operação dos equipamentos dentro de suas capacidades nominais; operação e manutenção adequada dos equipamentos produtivos, caldeiras, fornos, veículos, etc; limpeza adequada do meio ambiente; armazenamento adequado de materiais pulverulentos,

evitando a ação dos ventos sobre os mesmos; entre outras medidas.

- d) Tratamento das emissões : os equipamentos de controle da poluição do ar são divididos em função do tipo de poluente a ser tratado. O combustor catalítico utilizado nos veículos reduz a emissão de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos. Para o material particulado em processos industriais podem ser utilizados os sistemas secos, que são os coletores mecânicos inerciais e gravitacionais, como os ciclones, precipitadores eletrostáticos secos, filtro de tecido, etc. Os sistemas úmidos, que incluem o lavador venturi e o filtro eletrostático úmido também podem ser utilizados. Para os gases e vapores, os absorvedores (lavadores de gases), adsorvedores (uso de carvão ativado), incineradores, etc, são algumas das alternativas. Para cada tipo de poluente deverá ser estudada a melhor solução, do ponto de vista ambiental, econômico e social.
- e) Diluição por meio de chaminés altas: é uma técnica recomendável como medida adicional para melhoria das condições de dispersão dos poluentes residuais na atmosfera, ou seja, após a tomada de outras medidas, conforme os itens anteriores.

5.4 Qualidade do Ar nas Regiões Limítrofes

Como não há um histórico de monitoramento de material particulado no Município de Jacareí, de forma a contribuir para a discussão em questão, são apresentados alguns resultados do monitoramento da qualidade do ar para a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, e para o Município de São José dos Campos, conforme o Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2000 (CETESB 2001). O Município de Jacareí já está em processo de conurbação com o Município de São José dos Campos, como também fica localizado próximo à RMSP.

REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

A RMSP é caracterizada como um dos maiores conglomerados humanos do

mundo, com uma população de aproximadamente 18 milhões de pessoas, a RMSP possui um grande parque industrial além de uma frota em torno de 5.500.000 veículos leves. Em junho de 1998 estavam registrados na RMSP 228.817 caminhões, 83.842 caminhonetes e 70.525 ônibus e micro-ônibus, e mais uma estimativa de 100.000 veículos diesel de outros estados brasileiros que circulam diariamente na região. As principais fontes de poluição do ar na RMSP são os veículos automotores, secundados pelos processos industriais, queima de resíduos, movimentação e estocagem de combustíveis etc, conforme pode ser verificado na Tabela 16 (CETESB 2001).

Tabela 16 - Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2000

	fonte de emissão	emissão (1000 t/ano)					
			CO	HC	NOx	Sox	MP ⁴
m ó v e i s	tubo de escapamento de veículos	GASOOL ¹	787,8	78,2	48,1	9,6	4,8
		ÁLCOOL	209,5	23,5	13,0	--	--
		DIESEL ²	417,2	68,0	304,7	10,4	19,0
		TÁXI	11,2	1,3	1,2	0,3	0,5
		MOTOCICLETA E SIMILARES	197,5	26,1	1,0	0,9	0,5
	cárter e evaporativa	GASOOL	--	120,7	--	--	--
		ÁLCOOL	--	17,7	--	--	--
		MOTOCICLETA E SIMILARES	--	14,0	--	--	--
	pneus ³ operações de transferência de combustíveis	todos os tipos	--	--	--	--	7,7
		GASOOL	--	14,2	--	--	--
f i x a	operação de processo industrial (Número de indústrias inventariadas)	ÁLCOOL	--	1,0	--	--	--
			38,6 ⁵ (750)	12,0 ⁵ (800)	14,0 ⁵ (740)	17,1 ⁶ (245) ⁷	31,6 ⁶ (308) ⁷
	total		1661,8	376,7	382,0	38,3	64,1

1 - Gasool: gasolina contendo 22% de álcool anidro e 800 ppm de enxofre (massa)
2 - Diesel: tipo metropolitano com 1100 ppm de enxofre (massa)
3 - Emissão composta para o ar (partículas) e para o solo (impregnação)
4 - MP refere-se ao total de mat. particulado, sendo que as partículas inaláveis são uma fração deste total
5 - Ano de consolidação do inventário: 1990
6 - Ano de consolidação do inventário: 1998
7 - Estas indústrias fazem parte da curva A e B que representam mais de 90% das emissões totais
CO: monóxido de carbono; HC: hidrocarbonetos totais exceto metano; NOx: óxidos de nitrogênio; SOx: óxidos de enxofre; MP: material particulado
NOTA: Devido ao refinamento na metodologia de cálculo, não é válida a comparação dos valores aqui apresentados com as estimativas de emissão apresentadas nos relatórios da CETESB anteriores a 1996.
Fonte : CETESB 2001

Para o caso das Partículas Inaláveis, a Figura 14 ilustra a contribuição relativa das fontes de emissão urbana.

observações:

- para os veículos, refere-se às emissões do tubo de escapamento (para veículos à álcool a contribuição é zero)
- contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre veículos a gasolina e diesel de acordo com os dados de emissão disponíveis (tabela anterior).

Fonte : Cetesb, 2001

Figura 14 - Contribuição relativa das fontes de poluição de partículas inaláveis na RMSP, em 2000

A qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo é determinada por um complexo sistema de fontes móveis (veículos automotores) e estacionárias (indústrias), pela topografia e pelas condições meteorológicas da região. As emissões veiculares desempenham hoje um papel de destaque no nível de poluição do ar na RMSP, uma vez que as emissões industriais, principalmente de dióxido de enxofre e material particulado, já se encontram em avançado estágio de controle. De uma forma ampla, conforme CETESB (2001) a qualidade do ar da Região Metropolitana apresenta a seguinte situação:

(a) **Partículas Totais em Suspensão (PTS):** São excedidos os padrões de

qualidade do ar, tanto o de 24 horas ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como o anual ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Atinge-se, durante os períodos mais desfavoráveis para a dispersão dos poluentes, concentrações acima do nível de atenção ($375 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média de 24 horas).

- (b) **Fumaça (FMC)**: Apesar da redução observada nos últimos anos, o padrão diário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) é ultrapassado. Nos últimos três anos não houve ultrapassagens do nível de atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 24 horas).
- (c) **Partículas Inaláveis (PI)**: Os padrões diários ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) são ultrapassados. Quanto ao nível de atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 24 horas), embora tenha havido ultrapassagens em anos anteriores, em 2000 o mesmo não ocorreu.
- (d) **Dióxido de Enxofre (SO_2)**: As concentrações sofreram uma redução sensível nos últimos anos e hoje todas as estações atendem ao padrão de qualidade do ar ($365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24h e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no ano). Ressalte-se ainda que mesmo o novo limite sugerido pela Organização Mundial da Saúde - OMS - ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 24 h) está sendo respeitado em todos os locais monitorados na RMSP.
- (e) **Monóxido de Carbono (CO)**: As concentrações de monóxido de carbono excedem algumas vezes o padrão de qualidade do ar para 8 horas (9 ppm), principalmente durante o inverno. Ultrapassagens do nível de atenção (15 ppm), também ocorrem nos eventos mais críticos, embora não tenha ocorrido nos anos de 1998, 1999 e 2000. Apesar do CO ser um poluente que mereça grande atenção na RMSP, devido ao crescente número de veículos, tem-se observado uma redução dos seus níveis de concentração nos últimos anos.
- (f) **Ozônio (O_3)**: No caso do ozônio, o padrão de qualidade do ar ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1h) e também o nível de atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1h) são freqüentemente ultrapassados, principalmente nos dias de alta insolação. O novo limite sugerido pela OMS ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 8h) também não é respeitado.

(g) **Dióxido de Nitrogênio (NO₂):** Os dados de dióxido de nitrogênio mostram que o padrão horário (320 µg/m³) é ultrapassado, que é acima do limite sugerido pela OMS (200 µg/m³ - 1h). O padrão anual (100 µg/m³), não tem sido ultrapassado nos últimos anos.

Foi realizado, pela CETESB, monitoramento de material particulado fino MP2,5 na estação Cerqueira César – São Paulo em 1.999 e 2.000, cujos dados estão apresentados da Tabela 17.

Tabela 17 – Resumo dos dados de MP2,5 da estação Cerqueira César para ano 2000.

ano	nº de medições	média (µg/m³)	1ª máxima (µg/m³)	2ª máxima (µg/m³)
1999*	24	35	119	91
2000	58	24	65	60

N - N° de dados válidos

* não atendeu o critério de representatividade

Fonte : CETESB 2001

Não existe na legislação nacional padrão para MP2,5. Os valores propostos pela USEPA são de 65 µg/m³ para média diária e 15 µg/m³ para média aritmética anual (CETESB 2001). Em 1999, o padrão diário foi ultrapassado alcançando-se o valor de 119 mg/m³, quase o dobro do padrão diário proposto (65 mg/m³). Em 2000 a média aritmética anual encontrada em Cerqueira César (24 µg/m³) foi superior ao valor padrão adotado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, e apesar de terem sido realizadas amostragens somente a cada 6 dias, o padrão proposto diário não foi ultrapassado nesses dias avaliados (CETESB 2001).

O modelo receptor é uma técnica que permite, através de medidas e composição do aerossol e das fontes, que sejam estudadas as contribuições das diversas fontes na formação do material particulado.

A Figura 15 apresenta o resultado do estudo de Modelo Receptor – Balanço Químico de Massa, realizado em 1996/1997 em Cerqueira César, onde são estimadas as contribuições das diversas fontes na formação do particulado MP_{2,5}.

RUA = poeira ressuspensa
 COMBIO = combustão de biomassa
 VEIC = veículos
 CARSEC = carbono secundário
 SULSEC = sulfato secundário
 NITSEC = nitrato secundário

Fonte : CETESB (2000)

Figura 15 - Contribuição das diversas fontes no MP_{2,5}, conforme Modelo Receptor realizado para estação Cerqueira César.

Pode-se observar a significativa contribuição da emissão veicular (VEIC) na fração fina (37%). O carbono secundário (CARSEC) corresponde a 30% da massa total de finos. Sabe-se pela literatura que grande parte do carbono

secundário é proveniente de veículos, formando-se a partir de compostos orgânicos voláteis que são emitidos em atividades de combustão, e que se transformam em partículas como resultado de reações químicas no ar. A contribuição dos sulfatos secundários (SULSEC) foi significativa nestas amostras, correspondendo a 20%. Estes aerossóis secundários se formam na atmosfera a partir do SO_2 emitido em atividades de combustão, como é o caso da queima de combustíveis em veículos automotores, sobretudo em veículos movidos a diesel e têm um efeito importante sobre a degradação da visibilidade. Além destas emissões relacionadas às fontes de combustão mencionadas, mostra-se importante também a emissão de fontes identificadas como combustão de biomassa (COMBIO), que representam 7%. Esta fonte corresponde à emissões de chaminés de estabelecimentos comerciais, como: padarias, pizzarias, etc., que existem nas imediações da estação de amostragem, além de emissões de queima de vegetais, como grama, folhas, gravetos, etc. Nesta fração observou-se, ainda, que o aporte de aerossóis provenientes de ressuspensão de poeira de rua (RUA) não foi muito significativo, correspondendo a 5% (CETESB 2001).

MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

O Município de São José dos Campos, localizado próximo à cidade de Jacareí, tem uma população em torno de 540.000 habitantes, com um parque industrial de 900 empresas e a frota de veículos é constituída de aproximadamente 188.000 veículos.

Conforme CETESB (2001), desde 1986 é feita a avaliação das concentrações de fumaça e dióxido de enxofre em 17 municípios do Estado de São Paulo. Em 2000 teve início o monitoramento automático de partículas inaláveis em Campinas, Paulínia, Sorocaba e São José dos Campos; ozônio em Paulínia, Sorocaba e São José dos Campos; monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio em Campinas e dióxido de enxofre em Sorocaba, Paulínia e São José dos Campos. Constata-se que o ozônio e as partículas inaláveis são os poluentes que violam os padrões de qualidade do ar.

Tabela 18 - Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar no município de São José dos Campos em 2000 ¹

	fonte de emissão		emissão (1000 t/ano)				
			CO	HC	NOx	SOx	MP
m ó v e i s	tubo de escapamento de veículos	GASOOL ²	20,3	2,0	1,2	0,2	0,1
		ÁLCOOL	5,9	0,7	0,4	--	--
		DIESEL ³	10,1	1,6	7,4	0,2	0,5
		TÁXI	nd	nd	nd	nd	nd
		MOTOCICLETA E SIMILARES	8,6	1,1	0,04	0,04	0,02
	cárter e evaporativa	GASOOL	--	3,1	--	--	--
		ÁLCOOL	--	0,5	--	--	--
		MOTOCICLETA E SIMILARES	--	0,6	--	--	--
	pneus ⁴	todos os tipos	--	--	--	--	0,21
	operações de transferência de combustíveis	GASOOL	--	0,4	--	--	--
		ÁLCOOL	--	0,04	--	--	--
f i x a	operação de processo industrial (Número de indústrias inventariadas)		--	0,1 (3)	5,1 (3)	9,4 (3)	2,4 (4)
	total		44,9	10,1	14,1	9,8	3,2

Fonte : CETESB, 2000

1 - Utiliza-se o mesmo perfil da frota da RMSP para a estimativa das emissões
2 - Gasool: gasolina contendo 22% de álcool anidro e 800 ppm de enxofre (massa)
3 - Diesel: tipo metropolitano com 1100 ppm de enxofre (massa)
4 - Emissão composta para o ar (partículas) e para o solo (impregnação)
5 - MP refere-se ao total de material particulado, sendo que as partículas inaláveis são a fração deste total
nd - não disponível

Para o Município de São José dos Campos, com relação ao parâmetro fumaça (FMC), em 2000 não foram constatadas ultrapassagens dos padrões diário e anual. Para partículas inaláveis (PI), o padrão diário foi ultrapassado por algumas vezes. Para dióxido de enxofre (SO₂) as concentrações observadas foram extremamente baixas. Para ozônio (O₃) não houve ultrapassagens do padrão legal e nível de atenção. A CETESB tem realizado vários estudos de curta duração, com a instalação de estações móveis, e tem observado a presença de níveis de ozônio acima dos padrões legais em várias outras cidades pesquisadas (CETESB 2001).

6 INDICADOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Diversos trabalhos vêm sendo elaborados no campo do desenvolvimento sustentável, na busca de princípios, metodologias e ferramentas de avaliação que possam colaborar para a reversão dos processos de degradação ambiental, consumo elevado de recursos naturais, desigualdade sócio-econômica, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida dos seres do planeta de forma sustentável.

A função de um indicador é fornecer uma “pista” de um problema de grande importância ou tornar perceptível uma tendência que não está imediatamente visível. Por exemplo, uma queda na pressão barométrica pode significar que uma tempestade está se aproximando. O aumento acelerado da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera pode significar alterações climáticas de ordem global. Ou seja, o significado de um indicador vai além daquilo que está sendo efetivamente medido para outro fenômeno de maior importância.

6.1 A Pirâmide de Informações

A pirâmide de informações na Figura 16 ilustra uma distinção entre dados primários, dados processados (estatísticos), indicadores e índices. Na base da pirâmide de informações estão os dados primários, coletados por meio de monitoramento e pesquisa. Geralmente esta etapa demanda grande esforço, custo e tempo, inclusive para que se possa produzir dados estatisticamente confiáveis.

Fonte : HAMMOND et al (1995)

Figura 16 – Pirâmide de Informações

Os dados primários precisam ser processados, o que inclui desde a validação das informações coletadas, ajustes conforme aspectos climáticos, econômicos, para que sejam transformados em dados estatísticos. Dados estatísticos descrevem fenômenos reais, mas geralmente precisam de interpretação e explicação sobre os resultados. Indicadores, entretanto, devem fornecer mensagens que não necessitam de maiores interpretações. Os índices representam agregação de indicadores.

Por exemplo, no caso do monitoramento da qualidade do ar para o Estado de São Paulo (CETESB 2001), teríamos como dados primários os dados coletados no monitoramento dos parâmetros Monóxido de Carbono - CO, Dióxido de Nitrogênio - NO₂, Partículas Totais em Suspensão – PTS, Partículas Inaláveis – PI, Fumaça e Ozônio – O₃. Os dados climáticos coletados também representam dados primários, como direção e velocidade do vento, pluviometria, temperatura, etc. Estes dados podem ser coletados de hora em hora, às vezes em períodos de 8 ou 24 horas, conforme os equipamentos disponíveis e padrões estabelecidos para cada tipo de poluente.

Os dados são então processados para obtenção de estatísticas, como por exemplo valores totais, valores médios, valores máximos para determinado período, conforme ilustrado na Tabela 19, que fornece dados sobre a quantidade de chuva, conforme o dia e o mês, para uma estação climatológica de São Paulo.

Os dados apresentados na Tabela 20, para o poluente Partículas Inaláveis, representam estatísticas de dados coletados pelo monitoramento nos anos 1996 a 2000, em vários municípios do Estado de São Paulo.

Tabela 19 – Exemplo de dados estatísticos. Dados pluviométricos da Estação Climatológica de São Paulo, para o ano de 2000. (Fonte : CETESB 2001)

ESTACAO CLIMATOLOGICA DE SAO PAULO (Mirante de Santana) - ESTADO DE SAO PAULO												
LAT.: 23° 30'S LOG.: 46° 37'S ALT.: 792,059m ANO: 2000												
DIA	PRECIPITACAO PLUVIOMETRICA (mm)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	16,8	16,5	2,8	4,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,1
2	49,8	3,6	9,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	39,4	0,0	0,0	0,0
3	14,8	0,0	0,0	0,8	1,5	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0
4	60,8	0,0	4,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	0,0	0,0	0,3
5	6,3	52,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	0,0	13,2
6	7,2	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
7	17,6	0,0	0,5	0,0	4,4	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	6,9	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	12,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	11,0	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,5
11	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	5,0	0,0	8,4
12	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
13	5,6	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	0,0	3,1	0,0
14	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	31,6	32,3
15	0,6	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0
16	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	11,8	4,0	0,0	0,0	8,2
17	16,0	36,3	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	62,8
18	5,8	10,1	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,7	1,0	39,0	8,3
19	7,4	0,0	16,8	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	0,2
20	9,2	0,0	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0
23	0,0	36,4	1,6	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
25	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	14,7	17,2	29,7
26	39,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	28,0	2,1
27	40,2	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	30,2
28	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,9	0,0	0,0	0,0	0,2
29	0,0	6,2	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	0,0	0,8	0,3	0,0
30	0,0		3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	13,2	
31	0,0		2,4		0,0		0,0	0,0		0,0		31,0
TOTAL	328,3	246,6	100,1	6,3	9,3	12,2	65,6	86,3	111,1	59,0	186,0	249,7
FREQ.	19	16	16	6	5	3	3	9	11	10	10	17

Tabela 20 - Exemplo de dados estatísticos para Part. Inaláveis - PI, para o período de 1996 a 2000. (Fonte: CETESB 2001)

UGRHI	LOCAL DE AMOSTRAGEM	ANO																													
		1996						1997						1998						1999						2000					
		N	Média Aritmét. µg/m³	Máximas 24h µg/m³		Nº de Ultrapassagens		N	Média Aritmét. µg/m³	Máximas 24h µg/m³		Nº de Ultrapassagens		N	Média Aritmét. µg/m³	Máximas 24h µg/m³		Nº de Ultrapassagens		N	Média Aritmét. µg/m³	Máximas 24h µg/m³		Nº de Ultrapassagens		N	Média Aritmét. µg/m³	Máximas 24h µg/m³		Nº de Ultrapassagens	
				1ª	2ª	PQAR	AT			1ª	2ª	PQAR	AT			1ª	2ª	PQAR	AT			1ª	2ª	PQAR	AT			1ª	2ª	PQAR	AT
6	Parque D. Pedro II	211	64*	203*	195*	8*	0*	342	60	182	180	8	0	338	55	160	154	2	0	240	54*	185*	172*	6*	0*	364	53	158	148	1	0
	Santana	267	92*	214*	203*	11*	0*	350	84	151	151	2	0	37	62*	84*	78*	0*	0*	200	55*	112*	107*	0*	0*	331	54	121	120	0	0
	Moóca	225	74*	206*	196*	8*	0*	321	59	155	151	2	0	260	52*	127*	116*	0*	0*	274	53	182	161	6	0	163*	53*	139*	134*	0*	0*
	Cambuci	243	79*	227*	222*	12*	0*	293	59	187	173	6	0	241	48*	135*	132*	0*	0*	341	45	147	138	0	0	237*	48*	108*	98*	0*	0*
	Ibirapuera	199	53*	172*	168*	2*	0*	363	60	260	211	8	1	359	44	124	121	0	0	292	43	128	124	0	0	361	47	126	119	0	0
	N. Senhora do Ó	249	64*	166*	158*	3*	0*	305	57	143	139	0	0	307	47	118	116	0	0	249	46*	108*	108*	0*	0*	284	47	93	87	0	0
	São Caetano do Sul	208	57*	202*	188*	8*	0*	337	58	199	196	14	0	357	50	161	151	2	0	282	44	153	116	1	0	280*	46*	141*	127*	0*	0*
	Congonhas	238	75*	205*	194*	9*	0*	364	67	199	180	14	0	315	56	149	145	0	0	276	48	126	120	0	0	296	72	168	165	6	0
	Lapa	242	67*	225*	198*	10*	0*	315	74	238	232	13	0	20	65*	98*	90*	0*	0*	94	40*	109*	108*	0*	0*	331	50	137	134	0	0
	Cerqueira César	286	46*	174*	166*	2*	0*	348	43	140	129	0	0	328	40	111	109	0	0	333	44	192	149	1	0	307	48	123	113	0	0
	Penha	244	55*	189*	187*	5*	0*	357	40	150	147	0	0	354	41	150	136	1	0	363	40	137	130	0	0	238*	30*	84*	71*	0*	0*
	Centro	227	59*	178*	177*	4*	0*	364	53	149	146	0	0	363	46	127	123	0	0	280	45	131	124	0	0	273*	50*	121*	120*	0*	0*
	Guarulhos	237	108*	257*	239*	31*	1*	347	86	185	181	14	0	280	85	162	145	1	0	276	64	270	221	15	1	314	61	212	187	4	0
	Sto. André - Centro	183	54*	248*	213*	8*	0*	256	59	238	221	10	0	276	48*	192*	183*	5*	0*	283	40	177	175	4	0	316	45	187	166	2	0
	Diadema	196	76*	211*	208*	17*	0*	266	80	170	157	2	0	303	73	159	147	1	0	315	41	116	112	0	0	181*	41*	130*	112*	0*	0*
	Santo Amaro	176	49*	163*	162*	4*	0*	342	51	163	160	3	0	125	59*	224*	222*	5*	0*	277	44	196	180	5	0	345	43	140	136	0	0
	Osasco	248	68*	206*	196*	11*	0*	355	62	179	166	8	0	363	57	177	169	4	0	299	55	142	141	0	0	345	73	223	194	20	0
Sto. André-Capuaçu	145	56*	138*	127*	0*	0*	202	70*	191*	153*	3*	0*	338	50	99	99	0	0	300	55	160	140	1	0	335	40	107	100	0	0	
S. B. do Campo	206	77*	265*	236*	13*	1*	350	74	220	211	21	0	302	58	165	160	3	0	297	52	231	213	11	0	363	49	196	160	2	0	
Taboão da Serra	218	77*	242*	234*	21*	0*	353	58	190	189	22	0	323	51	156	147	1	0	347	53	172	163	3	0	250*	47*	146*	146*	0*	0*	
S. Miguel Paulista	60	67*	208*	189*	3*	0*	332	86	191	184	12	0	286	66*	134*	133*	0*	0*	302	52	186	178	8	0	259*	44*	156*	155*	2*	0*	
Mauá	154	35*	111*	110*	0*	0*	357	34	143	129	0	0	294	40	151	136	1	0	175	41*	95*	94*	0*	0*	241*	45*	118*	108*	0*	0*	
Pinheiros¹	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	63	41*	76*	74*	0*	0*	189*	60*	180*	149*	1*	0*	
2	S José dos Campos	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	242*	44*	197*	191*	6*	0*
5	Campinas-Centro³	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	325	42	98	78	0	0
10	Paulínia⁴	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	32*	28*	51*	44*	0*	0*
	Sorocaba⁵	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	331	42	122	119	0	0
7	Cubatão-Centro	263	44*	106*	102*	0*	0*	347	41	223	124	1	0	314	39	216	125	1	0	364	37	260	137	1	1	359	39	187	150	2	0
	Cubatão-Vila Parisi	273	97*	365*	273*	31*	2*	361	98	326	259	51	0	329	95	250	207	45	0	309	88	306	224	26	1	355	88	253	246	28	1

N = Nº de Dias Válidos

POAR = Padrão Nacional de Qualidade do Ar

AT = Atenção (declarados e não declarados)

* Não atendeu ao critério de representatividade

1 - Início da operação: 01/09/1999

2 - Início da operação: 03/05/2000

3 - Início da operação: 02/02/2000

4 - Início da operação: 29/11/2000

5 - Início da operação: 28/01/2000

Ainda para o exemplo do monitoramento da qualidade do ar, tem-se então como indicador a média aritmética anual da concentração de cada poluente, e que quando apresentada conforme a Figura 17, onde é possível comparar com os padrões legais, ou metas estabelecidas, torna-se mais fácil sua compreensão.

Fonte : CETESB 2001

Figura 17- Exemplo de indicador de qualidade do ar. Médias aritméticas anuais no interior e Cubatão, para 2000.

É necessário entretanto que se busque formas de comunicação destes indicadores de modo que possam ser compreendidos por todos os atores da comunidade. A educação ambiental é vital neste processo, porém, na busca do desenvolvimento sustentável, é essencial que a informação chegue a toda a comunidade. Para tornar isto possível, será preciso rever formas de comunicação destes indicadores ou mesmo uma reavaliação dos indicadores de qualidade do ar em uso. Por exemplo, de que forma estes indicadores estão sendo incorporados nas políticas de desenvolvimento

urbano local? De que forma estes indicadores estão sendo incorporados no dia a dia da população, por exemplo transformando atitudes que poderiam contribuir para o aumento daquela poluição?

Os indicadores de qualidade ambiental podem ser quantitativos ou qualitativos (MACHADO 1997).

No primeiro caso, os aspectos físicos, químicos e biológicos têm sido usados para descrever, retratar e monitorar as condições do meio ambiente, assim como as questões de saúde, economia e outros.

Com relação aos indicadores qualitativos, MACHADO (1997), comenta que psicologicamente cada pessoa tem a sua percepção do meio ambiente e de sua qualidade, e que esta é individual. Porém, esta percepção biologicamente está limitada às condições anatômicas e fisiológicas do ser humano. Assim, “apesar da percepção ser única, ela é necessariamente emoldurada pela inteligência, que oferece diferentes formas cognitivas para os inúmeros conteúdos perceptivos. O mundo exterior é rico e variado em coisas e acontecimentos, mas o processo de pensar está na dependência de nossa condição humana : acuidade dos órgãos sensoriais, postura ereta, desenvolvimento intelectual, destreza manual, capacidade de expressar o pensamento em palavras faladas e escritas, sentido histórico e geográfico, organização cultural e, principalmente, a procura constante de explicações para a ordenação lógica do mundo, ou seja, a reflexão filosófica” (p.15-21) .

Desta forma, o uso dos indicadores qualitativos baseia-se numa abordagem perceptiva, que irá refletir e variar conforme as pessoas conhecem e constroem sua realidade. Portanto, o uso de indicadores que possam medir qualitativamente beleza de cenário, qualidade do ar, riqueza, pobreza, odores, conforto térmico, etc, não é de tão fácil aplicação quanto os de controle quantitativo, motivo pelo qual estes últimos têm sido muito mais utilizados.

A utilização de indicadores físicos vem sendo feita desde o início do

segundo milênio, como por exemplo no caso do monitoramento de vazões de rios, chuvas. Os indicadores químicos também são largamente utilizados, como no monitoramento de alguns parâmetros de qualidade de águas para abastecimento público.

Conforme MACHADO (1997), um bioindicador é a utilização de um ou mais organismos que permite caracterizar o estado de um ecossistema e evidenciar tão precocemente quanto possível as modificações naturais ou provocadas. O ideal é que seja facilmente identificável e possa ser amostrado com facilidade; que possua características ecológicas e biológicas bem conhecidas. Deve apresentar baixa variabilidade específica, desenvolver-se facilmente em laboratório, e acumular os poluentes. Estas características são importantes para a garantia da qualidade dos dados amostrados. Os bioindicadores podem apresentar uma redução nos custos do monitoramento, quando comparados com alguns outros métodos de coleta, que necessitam de equipamentos caros e pessoal especializado.

Os indicadores biológicos são úteis no monitoramento e avaliação da qualidade dos ecossistemas. O uso dos ensaios biológicos vem crescendo e adquirindo caráter preventivo e de grande relevância nos estudos de avaliação de riscos e nos delineamentos de processos de tratamentos de efluentes.

O Índice de Qualidade do Ar utilizado pela CETESB (ver página 79) representa uma agregação de indicadores, cujo cálculo é baseado em metodologia adequadamente estudada. O índice possibilita comunicar os indicadores de qualidade do ar de forma integrada e de certa maneira mais acessível para aqueles que não estão familiarizados com os diferentes termos Partículas Inaláveis, Partículas Totais, entre outros. A informação dada pelo Órgão Ambiental de que a qualidade do ar está adequada, regular, inadequada, má, péssima, ou crítica, é de mais fácil compreensão, pois ao integrar um conjunto de indicadores, possibilita ao cidadão uma informação imediata do conjunto.

No entanto, o uso de um índice pode ocultar alguns dados importantes, como por exemplo quais poluentes apresentaram concentrações mais altas, ou qual o patamar de poluição em que a cidade se encontra, quais as microregiões mais críticas, quais as causas principais, entre outros.

6.2 Necessidade de um Sistema de Informações

Para o estabelecimento ou criação indicadores de desenvolvimento sustentável, é também necessário o desenvolvimento de um sistema de informações coerente, do qual estes indicadores possam ser extraídos.

MEADOWS (1998) propõe que este sistema de informações seja organizado em hierarquias de escala crescente e especificidade decrescente, e que as informações estejam todas disponíveis à população.

MEADOWS (1998) sugere então a estrutura do “Triângulo de Dale”, conforme Figura 18, o qual relaciona o uso sustentável dos recursos naturais (riqueza natural) e desenvolvimento humano. Desta forma, as três principais medidas agregadas de desenvolvimento sustentável seriam : a) suficiência com a qual os propósitos principais (felicidade, harmonia, identidade, respeito próprio, e outros) são realizados para todos; b) a eficiência com a qual os recursos principais (energia solar, biosfera, ciclos biogeoquímicos) são traduzidos em propósitos principais; c) sustentabilidade do uso dos recursos principais. Assim, um indicador de desenvolvimento sustentável deve ser mais do que um indicador de crescimento, deve avaliar eficiência, suficiência, equidade e qualidade de vida.

MEADOWS (1998) comenta então que as questões do crescimento econômico mundial, do crescimento da população, e o consumo dos recursos naturais limitados do planeta, “trazem à tona” dois problemas antigos, que sempre estiveram presentes no processo de desenvolvimento, mas que agora vêm juntos numa escala global : como se pode prover suficiência, segurança e vida adequada para todos ? (desenvolvimento);

como se pode viver respeitando os limites e regras do meio biofísico? (sustentabilidade); ou seja, atender o princípio do desenvolvimento sustentável.

Há portanto uma questão temporal na discussão sobre a sustentabilidade. Por exemplo, é preciso saber quanto tempo certa atividade vai durar, como a questão da exploração do petróleo, ou a extração de areia no Vale do Paraíba? É preciso saber quanto tempo há para que sejam tomadas providências antes que os problemas tornem-se irreversíveis, como por exemplo no caso do processo acelerado do efeito estufa.

MEADOWS (1998) propõe então que um Indicador de Desenvolvimento Sustentável poderia ser um indicador ambiental ao qual se adicione o fator TEMPO/LIMITE/META.

Na proposta de MEADOWS (1998), os indicadores centrais de desenvolvimento sustentável irão integrar todo o "Triângulo de Dale". O sistema de informações do qual estes indicadores centrais serão obtidos deve possibilitar medir o estoque de capital em cada nível e os fluxos que aumentam ou diminuem (questão temporal), e também conectar estes estoques.

A análise integrada do "triângulo de Dale", da base ao topo, requer uma base científica, justiça, sistemas econômicos e políticos eficientes e uma cultura que priorize e visualize os objetivos principais. Assim, os indicadores básicos de desenvolvimento sustentável devem medir SUFICIÊNCIA, EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE de todo o triângulo, por meio de medidas agregadas de bem-estar humano e integridade ambiental.

Figura 18 – “Diagrama de Dale” proposto por MEADOWS.

6.3 Os Princípios de Bellagio

Em 1987 a Comissão Brundtland – Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – alertou para a necessidade do desenvolvimento de novas maneiras de medir e avaliar o progresso em relação ao Desenvolvimento Sustentável (HARDI e ZDAN 1997). Em 1992, a Agenda 21 Global reafirmou o alerta, inclusive para a escala local e global.

Em 1996 um grupo internacional de praticantes e pesquisadores em medição de desenvolvimento se reuniram em Bellagio, Itália, para avaliar o progresso em relação às ações e pesquisas para medir desenvolvimento sustentável. (HARDI e ZDAN 1997)

Neste encontro foram então propostos princípios que serviriam para guiar o processo de avaliação do progresso em relação ao desenvolvimento sustentável. O uso destes princípios possibilita a escolha de indicadores prioritários, uma melhor caracterização deles, de modo que sejam indicadores úteis no futuro.

Conforme HARDI e ZDAN (1997), os Princípios de Bellagio propostos, conforme resumidos na Tabela 21, abrangem 4 aspectos do processo de avaliação da sustentabilidade de um modelo de desenvolvimento adotado.

O primeiro aspecto, princípio 1, é o entendimento prático do que é desenvolvimento sustentável, como também a necessidade do estabelecimento de metas para dar subsídio às políticas públicas e tomada de decisão.

O segundo aspecto, princípios 2 até 5, refere-se à metodologia do processo de avaliação, que inclui uma reavaliação do sistema atual, em termos de consumo, necessidades e impactos; a necessidade de uma visão de conjunto; a consideração das questões locais em harmonia com as diversas instâncias – Local + Regional + Global; e finalmente a transformação de conceitos em questões práticas.

O terceiro aspecto, princípios 6 até 8, refere-se a questões chaves do processo de avaliação, como a necessidade de participação efetiva de todos os atores nas diversas fases do processo; a transparência e a acessibilidade do processo, em termos de linguagem, simplicidade, interesse, etc.

E finalmente o quarto aspecto, princípios 9 e 10, é que se estabeleça um processo contínuo de capacitação para a avaliação.

Tabela 21- Os Princípios de Bellagio propostos para avaliação do processo de Desenvolvimento Sustentável (Fonte : HARDI e ZDAN 1997).

	descrição do princípio
1	É necessário primeiramente se ter uma visão clara de desenvolvimento sustentável e as metas que a definem;
2	Proceder com a revisão do sistema atual como um todo e em partes; considerar o bem estar dos sub-sistemas social, ecológico e econômico, os seus estados, a direção e a taxa de mudança em relação a estes estados e suas inter-relações; considerar as consequências positivas e negativas das atividades humanas, de maneira que reflita os custos e benefícios para os seres humanos e sistemas ecológicos, em termos monetários e não monetários;
3	Considerar as questões de igualdade e disparidade entre a população atual e entre as gerações presentes e futuras, avaliando o uso dos recursos, consumo e pobreza, direitos humanos, e acessos aos serviços básicos; considerar as condições ecológicas das quais a vida depende; considerar o desenvolvimento econômico e outras atividades não de mercado, que contribuem para o bem estar humano e social;
4	Adotar horizonte de planejamento longo o suficiente para abranger as escalas de tempo humano e dos ecossistemas naturais, assim respondendo às necessidades das futuras gerações, com também às que necessitam de decisões de curto prazo; definir o escopo de trabalho abrangente o suficiente para que inclua os impactos locais e regionais/globais na população e ecossistemas; basear-se nas condições históricas e atuais para antecipar condições futuras – onde se quer chegar, onde se pode ir;
5	Utilizar uma estrutura organizacional que conecte a visão e os objetivos a indicadores e critérios de avaliação; utilizar um número limitado de aspectos para análise; um número limitado de indicadores ou combinação de indicadores para conseguir um sinalização mais clara do progresso; padronizar medidas quando possível, de modo a permitir comparações; comparar valores dos indicadores a metas, valores de referência, ou valores limites;
6	Os métodos e dados utilizados devem ser acessíveis a todos; todos os julgamentos, valores assumidos, e incertezas nos dados e interpretações devem ser explicitados;
7	Ser projetado para atender às necessidades da comunidade e dos usuários; utilizar indicadores e outras ferramentas que podem estimular e trazer a atenção dos governantes; buscar utilizar simplicidade na estrutura e linguagem acessível;
8	Obter representação efetiva da comunidade, profissionais em geral, grupos sociais e técnicos, de modo a garantir diversidade e reconhecimento dos valores utilizados;
9	Desenv. capacidade de monitoramento para obtenção das tendências; ser interativo e adaptativo, e que possa responder às mudanças e incertezas, considerando a complexidade e possibilidade de mudança dos sistemas; ajustar os objetivos, estrutura e indicadores conforme novos conhecimentos e idéias forem chegando; promover conscientização da sociedade e que possa suprir aqueles que tomam decisão;
10	Indicar responsabilidades e obter prioridade no processo de gestão e decisão; prover capacidade institucional para coleta, manutenção e documentação dos dados; garantir e prover capacidade de avaliação local

6.4 O modelo Pressão-Estado-Resposta - PER

O Instituto de Recursos Mundiais (HAMMOND et al.1995) levanta a questão da necessidade de um consenso sobre quais indicadores de desenvolvimento sustentável são mais adequados, e se os atuais indicadores sociais, econômicos e ambientais podem ser utilizados para o monitoramento de políticas e ações direcionadas para o desenvolvimento sustentável.

Conforme o Instituto de Recursos Mundiais (HAMMOND et al. 1995), “uma base conceitual bastante utilizada para indicadores ambientais surge das seguintes perguntas básicas: o que está acontecendo com a situação do meio ambiente ou dos recursos naturais? Por que está acontecendo? O que está sendo feito sobre isto? Os indicadores de mudanças ou tendências do estado físico ou biológico do mundo natural (indicadores de estado) respondem à primeira questão. Indicadores de stress ou de pressão que as atividades antrópicas causam no meio ambiente (indicadores de pressão) respondem à segunda questão. A medida das políticas adotadas em resposta aos problemas ambientais responde à terceira questão (indicadores de resposta)” (p. 9).

O modelo Pressão-Estado-Resposta – PER foi desenvolvido pelo estatístico canadense Anthony Friend, na década de 1970, e posteriormente adotado pela OCDE – Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (JESINGHAUS 1999).

A idéia central do modelo Pressão-Estado-Resposta – PER para indicadores é avaliar um sistema a partir de três aspectos, conforme ilustrado na Figura 19: qual é o estado da situação atual (ESTADO : mudanças observáveis no meio ambiente, como por exemplo o aumento da temperatura média global); quais as forças e atividades que estão mantendo ou causando o estado atual (PRESSÃO: atividades antrópicas que interferem no meio ambiente, como por exemplo emissões de CO₂); que ações estão sendo tomadas para melhoria, manutenção ou reversão do quadro encontrado (RESPOSTA:

respostas da sociedade para solucionamento do problema, como por exemplo taxas para o consumo de energia).

PRESSÃO

Fonte : JESINGHAUS (1999), PINTÉR et al. (2000)

Figura 19 – Exemplo de um modelo Pressão – Estado – Resposta.

O que se observou no levantamento dos diversos estudos sobre o desenvolvimento e aplicação de indicadores de desenvolvimento sustentável, é que em geral incorporam de alguma maneira a idéia do modelo PER. Entretanto, um conjunto de novas idéias é proposto para a escolha, criação e o uso de indicadores de desenvolvimento sustentável, como por exemplo a necessidade da dimensão temporal ser acoplada à fixação de metas (MEADOWS, 1998), além de outros pontos como comunicação, participação, integração de conteúdos, etc.

6.5 Aplicação no Âmbito Internacional

Duas abordagens diferentes foram incluídas neste item.

A primeira refere-se à metodologia para implantação dos indicadores ambientais adotada pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, com proposta para ser utilizada globalmente pelos diversos países, na implantação e avaliação de suas Agendas 21 (UN 2000, 2001, HARDI et al. 1997, JESINGHAUS 1999).

A segunda abordagem foi desenvolvida pelo Banco Mundial, originalmente utilizada para medir a riqueza das nações, mas posteriormente utilizada como ferramenta para avaliar o avanço em relação ao desenvolvimento sustentável. Um aspecto que reforça a importância desta ferramenta, é o seu potencial para ser utilizada pelo Banco Mundial na avaliação dos impactos dos projetos e políticas de desenvolvimento (WORLD BANK 1997).

6.5.1 Resultados Alcançados pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas

O programa de trabalho da Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas para a criação de indicadores de desenvolvimento sustentável, teve como estratégia, desde o início das atividades, a melhoria do acesso e troca de informações entre os atores dos setores de pesquisa, metodologias e práticas associadas aos indicadores de sustentabilidade, incluindo a disponibilização de um banco de dados de livre acesso.

No período de 1995-1998 foram preparados formulários, os quais descrevem para cada indicador a sua relevância em termos de política, a metodologia para o cálculo do indicador, fontes de dados disponíveis.

O primeiro formato para os indicadores foi a adoção do modelo pressão/estado/resposta, sendo que os indicadores foram escolhidos conforme os capítulos da Agenda 21 e agrupados em 4 dimensões : social, econômica, ambiental e institucional. A primeira lista propôs 134 indicadores

e foram preparadas fichas para cada um. Para testar o material desenvolvido, foram então disponibilizadas as fichas para os governos de diversos países voluntários, para que fosse implementado o conjunto de indicadores em âmbito nacional.

Os formulários para cada indicador contém as seguintes informações: definição do indicador (nome, breve descrição, unidade de medida); localização no documento da Agenda 21 Global e o tipo de indicador; importância política (propósito, relevância para o Desenvolvimento Sustentável, conexão com outros indicadores, objetivos, convenções e acordos internacionais); descrição da metodologia e definições; avaliação da disponibilidade de dados de fontes internacionais e nacionais; agências envolvidas no desenvolvimento do indicador; outras informações, incluindo bibliografia.

No período seguinte, de 1997 a 1998, foi oferecido treinamento e capacitação de profissionais em âmbito regional e nacional para o uso dos indicadores para monitoramento do caminho em direção ao desenvolvimento sustentável.

O teste desta combinação de indicadores inicialmente propostos e o monitoramento de projetos possibilitaram ao grupo ganhar experiência e assim avaliar a sua aplicabilidade na prática, inclusive tendo em vista a grande diversidade sócio-política, ambiental e institucional das diferentes nações.

Em 2000 foi feita então uma avaliação dos indicadores, com base nos resultados do período de teste.

A principal conclusão da fase de teste foi que o modelo inicialmente adotado, que organizava os indicadores conforme os capítulos da Agenda 21 e tinha como base o modelo PER, é mais apropriado para os indicadores ambientais, mas para os sociais, econômicos e institucionais a sua aplicabilidade não é bem clara, além da lista que estava bastante extensa.

O grupo das Nações Unidas, responsável pelo desenvolvimento dos indicadores, entendeu que a função prioritária do indicador de desenvolvimento sustentável é facilitar a tomada de decisão em todos os âmbitos. Desta forma, foi feita uma nova identificação e avaliação das conexões entre os fatores econômicos, sociais, institucionais e ambientais do desenvolvimento sustentável.

Finalmente, concentrou-se no desenvolvimento de indicadores agregados, com o envolvimento de especialistas das áreas da economia, ciências sociais, ciências físicas e ciências políticas, também incorporando os pontos de vista de ONGs e povos indígenas.

Assim, a revisão propôs ênfase para indicadores que dessem resposta para a tomada de decisões, para elaboração de políticas ou como temas chaves para o desenvolvimento sustentável, portanto não mais diretamente com base nos capítulos da Agenda 21 Global (embora ainda seja possível encontrar relação entre os indicadores e os capítulos).

A estrutura de cada tema escolhido foi montada de modo a considerar os seguintes pontos : risco futuro (principalmente onde os valores limites já estão definidos, torna-se uma ferramenta pró-ativa para a tomada de decisão), correlação entre os temas e atendimento aos objetivos de sustentabilidade (desenvolvimento social e institucional, integridade ecológica e assegurar prosperidade econômica); atendimento às necessidades básicas da sociedade (alimentação, água, habitação, saúde, educação, segurança e governabilidade adequada) (UN 2001).

Os temas e indicadores finais propostos, conforme as quatro dimensões, são (UN 2001):

(a) Social : Educação; emprego; saneamento; habitação; bem-estar e qualidade de vida; herança cultural; pobreza e distribuição de renda; crime; população; valores sociais e éticos; papel das mulheres; acesso à terra e recursos; comunidade; equidade e exclusão social;

(b) Ambiental : Água doce; agricultura; urbano ; zona costeira; ambiente marinho/proteção dos recifes; pescaria; biodiversidade/biotecnologia; gestão de floresta sustentável ; poluição do ar e diminuição da camada de ozônio; clima global; uso sustentável de recursos naturais; turismo sustentável; capacidade suporte; uso do solo;

(c) Econômico: Dependência econômica/endividamento; energia; padrão de consumo e produção; gestão de resíduos; transporte; mineração; desenvolvimento e estrutura econômica; comércio; produtividade;

(d) Institucional: Tomada de decisão integrada; capacidade de construção; ciência e tecnologia; conscientização da comunidade e informação; participação em convenções internacionais e cooperação; governabilidade/papel da sociedade civil; estrutura institucional e legislativa; atendimento para situações de emergência; participação pública;

As vantagens da metodologia e dos indicadores propostos pelas Nações Unidas está na praticidade para aplicação no monitoramento da implantação das Agendas 21, nos diversos âmbitos de governos, uma vez que ainda é possível encontrar uma relação entre a maioria dos indicadores e os capítulos da Agenda 21 Global.

As informações fornecidas para cada indicador, no que se refere à metodologia de cálculo, fontes de dados, entre outros, possibilitam o monitoramento de planos, programas e projetos, como também facilitam a compreensão do indicador, favorecendo a sua aplicação.

A dificuldade do uso deste modelo está na ausência de uma metodologia clara que facilite uma visão de conjunto conclusiva do avanço em direção ao Desenvolvimento Sustentável.

6.5.2 Medida da Riqueza das Nações

A Agenda 21 Global alerta que os indicadores econômicos atualmente em uso fornecem um quadro incompleto da qualidade de vida e

desenvolvimento. O Produto Nacional Bruto – PNB, por exemplo, mede somente a riqueza econômica de uma sociedade, pois falha na medida da riqueza ambiental, sócio-cultural e institucional (WORLD BANK 1997).

Conforme o Banco Mundial (WORLD BANK 1997), “existe uma ligação próxima entre medidas de riqueza (riqueza aqui utilizada em seu contexto mais amplo, que inclui bens, recursos naturais, ecossistemas e recursos humanos) e desenvolvimento sustentável. Enquanto que a Comissão Brundtland definiu desenvolvimento sustentável em termos de satisfazer as necessidades das futuras gerações, há um reconhecimento crescente que estas necessidades podem não ser comparáveis entre países e ao longo dos tempos. Uma interpretação de desenvolvimento sustentável que vem surgindo, e está muito forte, se concentra na preservação e melhoria das oportunidades abertas às pessoas de todo o mundo. Por este ponto de vista, mudar a atenção das medidas de fluxo das atividades econômicas, como PNB, para os estoques de recursos naturais, bens produzidos e recursos humanos é crucial. Estoques de riqueza realçam as oportunidades com as quais as pessoas têm que lidar, e o processo de desenvolvimento sustentável é fundamentalmente o processo de criação, manutenção e gerenciamento da riqueza” (p. 5).

A noção de riqueza é estendida para contemplar a riqueza natural, riqueza produzida, capital social e humano. Há um estoque de saúde, conhecimento e técnica relacionado ao ser humano, no qual pode ser feito investimentos, capacitação, e ser utilizado para melhor produção em geral, o que poderá resultar também em um maior potencial para conservação dos recursos naturais.

A metodologia utilizada pelo Banco Mundial para o cálculo do indicador de riqueza das nações usa agregação de dados e monetarização. O capital natural é medido por meio de seis componentes: área de agricultura, áreas de pastagem, área para produção de madeira comercial, benefício das áreas de florestas não comerciais e áreas protegidas. O capital de bens produzidos é medido nas categorias de formação de capital fixo, que inclui maquinário e

equipamentos de transporte, edificações, área urbana. O capital social é medido por meio da existência de relações e quantidade de instituições em uma sociedade e os impactos que o capital social produz no processo de desenvolvimento, como o crescimento, equidade e redução da pobreza. O capital humano é medido por meio de conhecimento adquirido com a educação, e aspectos de saúde, como por exemplo expectativa de vida.

Do ponto de vista da medida da sustentabilidade do desenvolvimento econômico, o Banco Mundial traz o conceito de Economia Genuína, que representa o valor líquido da mudança de todos os componentes que são importantes para o desenvolvimento: bens produzidos, capital natural, capital humano e social.

Desta forma, o Banco Mundial (WORLD BANK 1997) propõe por exemplo, que os indicadores incorporem valores de uso dos recursos naturais, tanto aqueles disponíveis e os preservados. Assim, no caso da Mata Atlântica, cuja biodiversidade é muito grande, e há um interesse internacional em sua manutenção, este valor atribuído a ela seria acrescido ao indicador, pois o que se verifica é um desejo mundial em se pagar para preservar a natureza e as funções críticas que certos ecossistemas realizam.

Um aspecto positivo deste modelo de economia genuína é a visão de conjunto, que contempla as principais dimensões da questão do desenvolvimento. Ao estender o conceito de capital para as dimensões natural, social e humana, possibilita uma ligação mais paupável entre sustentabilidade e desenvolvimento. A monetarização das dimensões, mesmo embora considerando suas limitações, favorece a agregação dos indicadores e contribui para a comunicação para a tomada de decisões.

Uma limitação desta metodologia é que só são considerados os segmentos do desenvolvimento que podem ser expressados em valores monetários, necessitando portanto de mais pesquisa neste sentido.

Esforços também vêm sendo empreendidos para se adaptar as medidas de

produção nacional às questões de desenvolvimento sustentável, o que inclui o cálculo das “contas nacionais verdes”. Neste cálculo deve ser considerado o papel dos estoques verdes, e também o fluxo de recursos renováveis e não renováveis, e a incorporação do conceito de “Economia Genuína”.

Produto Nacional Bruto Verde - PNB Verde é o nome informal dado às medidas de produção nacional que se ajustam para contabilizar a diminuição dos recursos naturais e degradação do meio ambiente. O tipo de ajuste a ser feito na medida do Produto Nacional Bruto – PNB inclui medir o custo da exploração dos recursos naturais – a mudança do valor de uma mina de cobre, após um ano de extração, por exemplo, e também os custos sociais da emissão de poluentes (WORLD BANK 1997).

Conforme o Banco Mundial (1997), as componentes da riqueza total calculada para regiões na Tabela 22, mostram uma predominância da componente recursos humanos no valor total da riqueza, seguido em importância pelos bens produzidos e depois o capital natural. O fato de que os valores para o capital natural nas regiões da América do Norte e Europa Ocidental são percentualmente menores, não significa que esta componente não tem importância, mas que as outras dimensões são preponderantes. O capital natural é a base ecológica para a vida e representa um bloco fundamental da riqueza das nações. As lições para a questão do desenvolvimento sustentável, baseadas na análise do capital natural mostram a importância da manutenção, em níveis adequados de qualidade, dos recursos renováveis potenciais, como a agricultura, pastagens, florestas e áreas protegidas.

Tabela 22 – Indicador de Riqueza das Nações, apresentado conforme riqueza per capita, conforme regiões, 1994.

REGIÃO	RIQUEZA TOTAL	RECURSOS HUMANOS		BENS PRODUZIDOS		CAPITAL NATURAL	
		US\$/capita	%	US\$/capita	%	US\$/capita	%
AMÉRICA DO NORTE	326.000	249.000	76	62.000	19	16.000	5
EUROPA OCIDENTAL	237.000	177.000	74	55.000	23	6.000	2
AMÉRICA DO SUL	95.000	70.000	74	16.000	17	9.000	9
AMÉRICA CENTRAL	52.000	41.000	79	8.000	15	3.000	6
SUL DA ÁSIA	22.000	14.000	65	4.000	19	4.000	16

Fonte : WORLD BANK (1997)

6.6 Proposta de Índices de Desenvolvimento Sustentável

Neste item são abordados três índices, que embora nem todos tenham sido desenvolvidos primordialmente para medir desenvolvimento sustentável, os conceitos embutidos trazem contribuições importantes para a discussão.

6.6.1 Índice de Sustentabilidade Ambiental - ISA - Fórum Econômico Mundial (WEF 2000, 2001)

Em 2000, foi proposto pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, 2000) um Índice de Sustentabilidade Ambiental, o qual tem como objetivo medir a possibilidade de economias atingirem o desenvolvimento sustentável. O índice é calculado utilizando-se um certo número de dados que cobrem uma

série de componentes da sustentabilidade ambiental.

As três principais conclusões do estudo piloto foram (WEF 2000):

- (a) É possível construir um índice para medir sustentabilidade ambiental, cujo resultado parece plausível e útil;
- (b) Comparando-se o Índice Piloto de Sustentabilidade Ambiental com alguns índices e indicadores de performance econômica existentes, é possível apontar e avaliar o grau de conflito entre os objetivos econômicos e ambientais.
- (c) Ainda há bastante trabalho a ser feito para refinar o Índice Piloto proposto.

Conforme já discutido anteriormente, a disponibilidade de dados relevantes para o cálculo do índice é pequena, limitando a possibilidade da comunidade mundial em monitorar as tendências relacionadas à poluição e consumo de recursos naturais por exemplo.

Em 2000, o índice piloto foi construído com base em dados existentes de 56 países. Em 2001 o índice foi calculado com base em dados disponíveis de 122 países. Os dados foram organizados de forma hierárquica, conforme ilustrado na Figura 20. O número de variáveis utilizadas no cálculo do índice é de 67, sendo que no cálculo do primeiro índice em 2000, o número de variáveis era de 64. O número de fatores e componentes agregados para calcular o índice em 2001 não foram alterados em relação ao utilizado em 2000.

Trata-se de um indicador agregado desenvolvido recentemente, e que poderá sofrer algumas adequações, inclusive conforme mais dados forem sendo medidos e disponibilizados pelos diversos países.

Fonte : WEF (2001)

Figura 20 – Como o Índice Piloto é construído.

As 5 componentes e seus respectivos fatores são :

Sistemas Ambientais : Esta componente avalia a qualidade dos sistemas ambientais. O modelo pressupõe que uma economia será ambientalmente sustentável na medida em que os seus sistemas ambientais vitais estiverem em níveis saudáveis, bem como na medida em que também há tendência de melhora.

(fatores : qualidade do ar, quantidade de água, qualidade da água, biodiversidade, solo);

Stress Ambientais : Esta componente avalia nível de pressão das atividades humanas em relação aos sistemas naturais. O modelo pressupõe que uma economia será ambientalmente sustentável se os níveis de pressão antropogênica forem suficientemente baixos para não ameaçarem os sistemas ambientais.

(fatores : poluição do ar; poluição da água; stress nos ecossistemas;

consumo e geração de resíduos; pressão populacional);

Vulnerabilidade da População a Impactos Ambientais : Esta componente avalia a vulnerabilidade do sistema social. Assim, uma economia será ambientalmente sustentável na medida em que a população e o sistemas sociais não estão vulneráveis (no forma de impactos à saúde, aspectos de nutrição, perdas econômicas, e outros) à perturbações ambientais;

(fatores : sustentação básica; saúde pública; exposição à acidentes ambientais);

Capacidade Social e Institucional : O modelo pressupõe que uma economia será ambientalmente sustentável na medida em que tem instaladas instituições políticas que se baseiam em critérios sociais, atitudes e redes que apresentem respostas efetivas a ameaças ambientais;

(fatores : capacidade técnica e científica; capacidade para debate público efetivo; instrumentos de gestão e regulação ambiental; monitoramento das condições ambientais; eco-eficiência; capacidade de evitar falhas de escolha pública);

Capacidade de Mudança Global : Para esta componente, o modelo pressupõe que uma economia será ambientalmente sustentável na medida em que coopera com outros países para a gestão comum dos problemas ambientais, e se reduz os impactos negativos que causa em outros países para níveis que não causem danos.

(fatores : contribuição a esforços internacionais; impacto nos problemas globais e regionais);

Algumas das variáveis utilizadas na estrutura do índice são : concentração de NO₂ e SO₂ e Material Particulado; manancial de água superficial per capita; manancial de água subterrâneo per capita; concentração de coliformes fecais; número de veículos por unidade de área; consumo de

fertilizantes por quantidade de terra arável; percentagem da população com acesso à água potável; eficiência energética; índice de percepção à corrupção; entre outras.

Das 67 variáveis atualmente consideradas no cálculo do índice, as 5 variáveis que apresentaram maiores coeficientes de correlação com o ISA são, em ordem decrescente de correlação: redução da corrupção; rigorosidade da regulamentação ambiental; número de artigos científicos e técnicos publicados por número de habitantes; média da classificação das empresas no *Innovest EcoValue'21*; concentração urbana de Partículas Totais em Suspensão. Por exemplo, para aqueles países cuja variável redução da corrupção apresenta valores elevados (um país com boa governabilidade), também o índice de sustentabilidade apresentou-se alto.

A Tabela 23 ilustra os valores do Índice de Sustentabilidade Ambiental, calculados para diversos países, e os valores das respectivas componentes. É possível observar que para os países com os maiores índices, a componente “Vulnerabilidade da População a Impactos Ambientais” apresenta valores altos (próximos do limite máximo que é 100), respondendo assim por uma grande percentagem do valor do índice. Isto significa que estes países apresentam bons níveis para aqueles indicadores que compõem esta componente, como saúde pública por exemplo(WEF 2000).

Tabela 23 - Índice de Sustentabilidade Ambiental para os anos 2000 e 2001, calculado para diversos países, e os valores das componentes para 2001.

País	Índice de Sustentabilidade Ambiental 2000	Índice de Sustentabilidade Ambiental 2001	Valores das Componentes ref. ao ano 2001				
			Sistemas Ambientais	Riscos e Stress Ambientais	Vulnerabilidade da População a Impactos Ambientais	Capacidade Social e Institucional	Capacidade de Mudança Global
Austrália	71	71	66	50	81	83	69
Brasil	59	57	58	63	61	53	55
China	54	38	21	53	49	40	31
Dinamarca	71	67	57	31	83	87	68
Estados Unidos	68	66	63	37	82	83	56
Indonésia	54	43	34	58	53	34	46
Japão	66	61	50	25	83	83	58
Noruega	76	78	87	52	82	85	74
Nova Zelândia	73	71	58	56	82	83	75

(Fonte : WEF 2000, 2001)

6.6.2 Pegada Ecológica

O modelo da “Pegada Ecológica” é uma ferramenta para a estimativa da quantidade média de terra produtiva que uma nação, população humana ou economia, necessita para suprir seu consumo físico. Se a pegada ecológica é maior do que a área atual da nação, deduz-se que ela possivelmente está importando recursos de outra nação (o que pode ser interessante se a outra nação tem sua pegada ecológica menor que sua área total), ou ocorre uma situação insustentável, pois está esgotando seus recursos ou os recursos de outras nações. (MEADOWS 1998)

Portanto, a pegada ecológica de uma comunidade é função de seu padrão de consumo e da população. É possível observar na Tabela 24 que o consumo médio de um habitante da Nova Zelândia, por exemplo, é quase quatro vezes maior do que o consumo médio de um habitante do Brasil, e é quatorze vezes maior do que o consumo médio de um habitante de Bangladesh.

Embora certos países, como a Austrália e a Nova Zelândia, apresentem valores elevados de pegadas ecológicas, é possível observar que ainda há uma capacidade positiva do país, no que se refere a suprir o consumo interno ou para exportação, ou seja, neste momento ocorre uma situação sustentável, com base neste modelo de pegada ecológica.

No caso do Brasil, embora o padrão de consumo per capita seja menor, o modelo estima um *deficit* de 0,1 hectare por habitante, que pode estar sendo suprido pelas importações ou pela degradação de seu capital natural, como as florestas por exemplo.

Neste caso, se não forem tomadas providências para reversão deste quadro, a tendência é de piorar, pois além do crescimento da população, que resulta na diminuição da disponibilidade per capita, a degradação dos recursos naturais tem como consequência a diminuição da capacidade do país de suprir a demanda da população.

Para o cálculo da pegada ecológica, o modelo estima a quantidade de terra ou água, necessária para a produção ou absorção, para atender o consumo material e energético, e a disposição dos resíduos de uma comunidade.

PEGADA ECOLÓGICA = N x [Σ (Ci/Pi)],

onde : N : população (número de habitantes)

 Ci : consumo médio per capita de cada bem

 Pi : produtividade ou quantidade de terra

Tabela 24 - Pegadas ecológicas para algumas nações, e os respectivos *déficits*.

país	pegada ecológica (ha/capita)	capacidade disponível (ha/capita)	sobra (+) ou déficit (-) (ha/capita)
Austrália	8,1	9,7	+ 1,6
Bangladesh	0,7	0,6	- 0,1
Brasil	2,6	2,4	- 0,2
China	1,2	1,3	+ 0,1
Alemanha	4,6	2,1	- 2,5
Indonésia	1,6	0,9	- 0,7
Japão	6,3	1,7	- 4,6
Nova Zelândia	9,8	14,3	+ 4,5
ex-Rússia	6,0	3,9	- 2,0
Estados Unidos	8,4	6,2	- 2,1

Fonte : MEADOWS (1998)

A vantagem deste indicador de desenvolvimento sustentável está na facilidade de seu entendimento e a maneira com que trabalha a lógica do Desenvolvimento Sustentável.

O modelo usa o conceito de capacidade suporte local, revela a importância e a dependência no comércio local, regional e global, aponta o impacto dos diferentes padrões de consumo e tecnológico. Ao usar a unidade de quantidade de terra como base do indicador, aumenta o seu potencial de comunicação.

Conforme HARDI et al. (1997), o modelo necessita ser aperfeiçoado para que represente melhor as implicações para as pegadas ecológicas futuras, e não somente as presentes. HARDI et al. comenta também que o modelo deve considerar melhor os efeitos de perda de terra produtiva por causa de contaminação, urbanização, erosão, entre outros.

6.6.3 ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO

O ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO – IDH é um indicador agregado que procura avaliar desenvolvimento por meio da incorporação de valores que podem melhor representar qualidade de vida. O Índice de Desenvolvimento Humano é calculado em função de três componentes, julgadas necessárias para o desenvolvimento humano: atendimento educacional, que é medido pelo número de adultos alfabetizados e anos médios de escolaridade; longevidade, que é medido pela expectativa de vida; e padrão de vida, que é medido pelo poder de compra, que é derivado do Produto Nacional Bruto per capita e renda acima da linha de pobreza.

O IDH não foi desenvolvido para ser um índice de desenvolvimento sustentável, embora estejam sendo empreendidos esforços para a inclusão direta da dimensão ambiental, representando assim melhor uma visão de conjunto das dimensões do desenvolvimento sustentável. Atualmente, no cálculo do IDH, a questão ambiental é considerada de modo indireto, uma vez que a deterioração da qualidade ambiental irá refletir, a médio e longo prazos, negativamente na qualidade de vida. (HARDI et al. 1997).

As Tabelas 25 e 26 ilustram a aplicação do IDH em âmbito nacional e local. A disponibilidade de dados para o âmbito local representa uma vantagem deste índice ao poder ser incorporado em planos de desenvolvimento local

Tabela 25 - Índice de Desenvolvimento Humano, conforme países, para os anos 1975, 1985, 1995 e 1999.

país	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), conforme o ano				Classificação em relação ao panorama mundial (1999)
	1975	1985	1995	1999	
Noruega	0,867	0,904	0,930	0,939	1
Canadá	0,861	0,896	0,924	0,936	3
Estados Unidos	0,856	0,891	0,923	0,934	6
Japão	0,851	0,887	0,920	0,928	9
Argentina	0,784	0,804	0,829	0,842	34
Chile	0,700	0,752	0,809	0,825	39
Brasil	0,641	0,690	0,734	0,750	69
China	0,522	0,590	0,679	0,718	87
Indonésia	0,467	0,581	0,662	0,667	102
Índia	0,442	0,511	0,544	0,571	115
Kênia	0,406	0,472	0,521	0,514	123
Nigéria	0,326	0,402	0,447	0,455	136
Burquina Faso	0,232	0,282	0,301	0,309	159

Fonte : PNUD 2001

Tabela 26 - Índice de Desenvolvimento Sustentável – IDH para Jacareí, São José dos Campos e São Paulo, conforme anos censitários e crescimento percentual em relação à década anterior, para os anos de 1970, 1980 e 1991

municípios	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH - M, e a variação percentual em relação ao ano de 1970, conforme anos censitários		
	1970	1980	1991
Jacareí	0,581	0,724 (24,6%)*	0,782 (8,0%)*
São José dos Campos	0,616	0,751 (21,9%)*	0,815 (8,5%)*
Taubaté	0,591	0,746 (26,2%)*	0,815 (9,2%)*
São Paulo	0,708	0,740 (3,1%)*	0,804 (8,6%)*

* o valor entre parênteses representa a variação em relação ao IDH - M da década anterior

fonte : PNUD (1998)

6.7 Experiência do desenvolvimento e aplicação dos indicadores de desenvolvimento sustentável em âmbito local – o exemplo do projeto Seattle Sustentável (ATKISSON 1995)

Como exemplo de uma experiência da aplicação de indicadores de

desenvolvimento em âmbito local, foi escolhido o Projeto Seattle Sustentável. Uma das questões centrais deste projeto, que teve início em 1990, foi o processo de construção de indicadores de sustentabilidade local, que contemplassem as várias dimensões do desenvolvimento local.

Inicialmente, um grupo de voluntários em Seattle (EUA), de diversas profissões, foi encarregado de projetar um sistema de indicadores de sustentabilidade e preparar uma proposta de lista de itens a serem medidos.

Três grupos de indicadores foram escolhidos, sendo um deles os "indicadores chaves", considerados como medidas básicas de sustentabilidade. Foram utilizados também "indicadores secundários", para apoiar a análise. Foi proposto então o desenvolvimento de "indicadores provocativos", que poderiam ter pouco interesse científico, mas que refletiriam as tendências de sustentabilidade de formas engraçadas e surpreendentes, como por exemplo o número de copinhos de papel consumidos pelos famosos viciados em café de Seattle, permitindo assim atrair a mídia e favorecendo uma maior participação de toda a comunidade (ATKISSON 1995).

Conforme ATKISSON (1995), na primeira etapa foram concentrados esforços nos indicadores-chave, cuja meta foi encontrar indicadores que atingissem quatro critérios: os indicadores teriam que refletir as tendências fundamentais da saúde cultural, econômica e ambiental a longo prazo, ser estatisticamente mensuráveis, com dados disponíveis há uma ou duas décadas, ser atraentes para a mídia local, e ser compreensíveis para as pessoas em geral.

Durante a escolha dos indicadores, uma questão chave que emergiu foi decidir a escala a ser adotada no monitoramento dos problemas. Por exemplo, a questão do aquecimento global acelerado é um problema de escala global. A poluição atmosférica urbana em Seattle é um problema de escala local. A poluição dos veículos de Seattle contribuem para aumentar ambos os problemas. Entretanto, o grupo de Seattle decidiu por focar

somente em problemas de escala local.

Outro ponto que também foi discutido, refere-se ao enfoque estratégico a ser dado pelos indicadores de resposta: o grupo decidiu que os indicadores deveriam medir os resultados mensuráveis da implementação de planos, programas e projetos, ao invés de medir as receitas específicas alocadas para estes planos, programas e projetos.

Somente em 1995, após quase 5 anos de trabalho constante, o projeto Seattle Sustentável apresentou à comunidade um conjunto de 40 indicadores. Alguns destes indicadores estão ilustrados na Tabela 27. O processo de construção destes indicadores produziu como resultados positivos uma melhor integração entre os diversos participantes, o estabelecimento de credibilidade e legitimidade aos olhos dos tomadores de decisão e da mídia, a mobilização de voluntários altamente qualificados e a participação efetiva da comunidade ao longo de todo o processo.

Cada indicador foi apresentado com uma descrição, sua definição, a interpretação, a evolução e inter-relação com os outros indicadores.

ATKISSON (1995) ressalta algumas conclusões gerais do processo do Seattle Sustentável, como por exemplo que na seleção dos indicadores deve-se equilibrar as exigências de sofisticação técnica e a capacidade do público de entender e responder às informações; ainda que a disponibilidade de dados vá necessariamente afetar a seleção e desenvolvimento de indicadores, não deve ser o fator decisivo, pois a falta de disponibilidade de dados sobre uma questão importante de sustentabilidade é, em si, um indicador de que a questão não está recebendo atenção suficiente.

O principal aspecto positivo desta experiência foi o processo de construção dos indicadores, que contou com a participação efetiva da comunidade, possibilitando um melhor entendimento por parte de todos os atores envolvidos, a escolha de indicadores que refletissem as prioridades da comunidade, além do compromisso entre os diferentes setores da cidade –

sociedade civil, governo e empresas.

Tabela 27 – Exemplos de alguns Indicadores escolhidos no projeto Seattle Sustentável e a tendência de cada um.

dimensão	indicador	método de avaliação	tendência captada pelo indicador
Meio ambiente	Volta dos salmões para desova nos rios da Comarca de King	indicador da qualidade da água, saúde ambiental e biodiversidade como um todo	em queda vertiginosa
	Saúde de áreas inundadas	qualidade da água, flutuação do nível da água e saúde dos anfíbios	todos em queda
	Erosão do solo	medida pela turbidez dos cursos de água na Comarca de King	em ascensão
	Superfície impermeabilizada na cidade de Seattle	relacionada ao escoamento da água superficial e problemas de qualidade da água	dados insuficientes para determinar a tendência
	Qualidade do ar	medida de acordo com as Normas da EPA para Poluentes	em alta desde 1980
População e Recursos	Áreas abertas	levantamentos das áreas acessíveis em comparação com as metas do planejamento urbano	os níveis atuais estão abaixo dos níveis desejados, e não há dados suficientes para determinar a tendência
	Taxa de crescimento populacional	taxa de crescimento populacional	em queda; atual nível é de 0,8%
	Consumo residencial de água	consumo residencial de água	a per capita está em queda, a geral ainda em alta

Fonte : ATKISSON (1995)

7 CARACTERIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO URBANA DA CIDADE DE JACAREÍ

Em meados do século XVII Jacareí era um ponto de parada de viajantes, tendo sido considerada vila em 1653 – Vila Nossa Senhora da Conceição da Parahyba. Em 1849 foi elevada à categoria de cidade, por Lei Provincial. No século XIX teve importância no processo da cafeicultura, sendo hoje possível encontrar várias construções remanescentes daquela época, inclusive parte do sistema viário do centro da cidade é caracteristicamente antigo, com ruas e calçadas estreitas (SEPLAN, 1990), (SEPLAN, 2000b).

“O Município é um dos mais importantes da província pela considerável lavoura de café e pela uberdade do terreno para todos os cereais. Além da própria casa da Câmara e cadeia em edifício próprio, possui uma das melhores matrizes da província, três igrejas que são : Carmo, Rosário e Santa Cruz, e uma casa de caridade” (MARQUES 1876, p. 43).

“No Vale do Paraíba, a construção da ferrovia encontrou em declínio a produção do café, quando suas terras já mostravam sinais do próximo esgotamento e instaurada a crise no mercado de fornecimento de mão de obra escrava diante das pressões externas e dos movimentos republicano e abolicionista. As lavouras de café já avançavam em direção ao oeste.” (ANDRADE 1998, p.2) “Em Jacareí, a implantação da malha ferroviária terminou representando fator relevante no processo de desenvolvimento da cidade, oferecendo ao município a indispensável infra-estrutura para os empreendimentos industriais e uma nova vitalidade econômica” (ANDRADE 1998, p.4).

Fonte : A Cidade On Line (2001)

Figura 21 – Foto da Estação Ferroviária do Município de Jacareí (sem data)

No século XX Jacareí caracterizou-se pelo crescimento industrial, que teve início no século anterior, possibilitado pela estrada de ferro , mas que tomou novo impulso com a implantação em 1928 da rodovia SP-66 (antiga estrada Rio - São Paulo). Posteriormente, com a construção da Rodovia Presidente Dutra – BR116, em 1952, começou a modernização das indústrias localizadas na região, voltadas principalmente para a produção de bens intermediários e equipamentos. (SEPLAN,1990)

A população urbana atual de Jacareí é de 183.444 habitantes (SEPLAN 2000a), o que corresponde a 95 % da população total. A densidade demográfica do município é de 415,95 hab/km² (SEPLAN 2000a). O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH de Jacareí apresentou, na década de 1970, valores do IDH-M próximos aos dos municípios de São José dos Campos, Taubaté e São Paulo, porém o crescimento deste índice foi menor nas décadas de 1980 e 1990, conforme pode ser observado na Tabela 26, do capítulo 6.

O parque industrial atual de Jacareí é composto por atividades na área de química, papel e celulose, cervejaria, metalurgia, vidros, borracha e outras.

Desde o início de seu crescimento, a ocupação do solo urbano no Município de Jacareí, deu-se primordialmente na várzea do Rio Paraíba do Sul, favorecida inclusive na segunda metade do século XX pela construção da Barragem de Santa Branca, que possibilitou um controle da vazão do Rio Paraíba do Sul, diminuindo o risco de enchentes. Nos últimos anos expandiu-se principalmente no sentido de São José dos Campos, região mais alta e de declividade mais adequada para ocupação caracterizando um processo avançado de conurbação ao longo do Rio Comprido, que é a linha física de divisa entre os municípios.

Curiosamente, estudos arqueológicos mostram que estas áreas mais altas, na divisa de Jacareí com São José dos Campos, foram ocupadas anteriormente por índios Tupiguarani. O tipo de solo e a vegetação destes planaltos, que é caracterizada por cerrado paulista, apresentam-se mais adequadas para o uso e ocupação urbana do que as margens mais próximas do Rio Paraíba, onde o solo é mole, orgânico e com manchas esparsas de turfa. Na Figura 22 é possível observar a mancha urbana e as áreas de interesse arqueológico no município de Jacareí.

Fonte : BORNAL (1999)

Figura 22 – Áreas de Interesse Arqueológico no Município de Jacareí.

A ausência de um plano de desenvolvimento do município, a não observância e a incapacidade da cidade de aplicar as leis de uso do solo municipal, aprovadas, substituídas e modificadas nas últimas décadas, resultaram, por exemplo, em conflitos entre usos industrial, residencial e agrícola e no agravamento dos sistemas de infraestrutura, como por exemplo no sistema viário municipal.

Jacareí está localizada no Vale do Paraíba, conforme ilustra a Figura 23, junto às Rodovias Presidente Dutra, D. Pedro I e a Carvalho Pinto, o que representa vantagens estratégicas do ponto de vista econômico, uma vez que esta condição é favorável à implantação de indústrias, com vistas ao mercado consumidor de São Paulo e a facilidade de escoamento para outros mercados, como Campinas. Porém, o despreparo em termos de planejamento, sistema legal e institucional local para os impactos negativos potenciais que tais empreendimentos podem causar, contribui para a diminuir a qualidade de vida urbana.

Fonte : BORNAL (1999)

Figura 23 – Localização Geográfica do Município de Jacareí no Vale do Paraíba.

Jacareí vem há alguns anos tentando desenvolver um plano diretor para a cidade, porém sem resultados concretos ainda.

Conforme verificado pelo monitoramento da qualidade do ar para material particulado, realizado no segundo semestre de 2000, a situação ambiental no que se refere à poluição atmosférica é crítica: além da contribuição veicular (trânsito interno da cidade e rodovia Dutra), também há vários pontos de queima clandestina de lixo, pneus usados, madeira proveniente de restos de construção civil, queimada para limpeza de terrenos em geral.

A implantação recente de uma praça de pedágio na Rodovia Dutra, junto a um dos acessos da cidade de Jacareí, é um projeto polêmico no que se refere aos impactos que causa na área urbana, como por exemplo um aumento do volume de veículos no sistema viário interno, como rota de fuga do pedágio.

Atualmente diversas indústrias importantes já mudaram sua matriz energética de óleo combustível para gás natural, cujo impacto positivo pode ser verificado no monitoramento passivo de SO_2 realizado pela CETESB, como também pela eliminação de vários pontos de reclamações da comunidade com relação à fuligem de caldeiras industriais. Conforme CETESB (2001) a média aritmética anual para SO_2 em Jacareí foi de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1996 e 1997, $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1998 e $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1999 e 2000. Os valores da 1ª máxima das médias mensais também estão reduzindo, enquanto que em 1997 foi de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, em 2000 foi de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como outras cidades que se desenvolveram no Vale do Paraíba, Jacareí teve um crescimento linear no sentido do eixo Rio – São Paulo. A evolução da cidade se divide em três principais fases (SEPLAN 1990):

A primeira fase, durante o século XVII até fins do século XVIII, quando a região servia de passagem entre as áreas mineradoras da região de Minas Gerais e o litoral. A cidade foi se estruturando originalmente nas áreas que compreenderam o Largo do Avareí e ruas como José Bonifácio, Luís Simon, Av. Nove de Julho, Rua XV de Novembro, Largo do Riachuelo e Largo do Bom Sucesso.

A expansão inicial se deu a partir do centro histórico, com edificações sem recuo, ruas e calçadas estreitas, pois foram concebidas para circulação de pedestres e carroças.

A segunda fase, a partir do século XIX, o Vale do Paraíba foi ocupado pela cultura cafeeira, havendo uma intensificação do processo de urbanização. Nos caminhos de acesso à cidade, foram surgindo construções sempre em terrenos mais favoráveis à ocupação, nas cotas mais altas não sujeitas à inundação.

Lugares como o bairro São João, na margem esquerda do Rio Paraíba se transformaram em ponto de parada pela precariedade das condições de transposição do rio para se chegar ao centro da cidade.

No final do século XIX, com a vinda da estrada de ferro, facilitou-se o transporte entre o Rio de Janeiro e São Paulo, que estimulou o aparecimento de novas construções nas proximidades da estação de trem. A malha viária começa a se expandir de forma aleatória a partir do centro, e é também quando há um aumento das atividades de comércio e serviços.

A terceira fase caracteriza-se por um intensivo processo de industrialização, quando a partir de 1940, a região começa a se transformar em um prolongamento do parque fabril da grande São Paulo. Em decorrência da implantação de várias indústrias, a cidade se expandiu de forma rápida, ocupando áreas de topografia irregular e ao longo das rodovias.

A intensificação de um processo migratório para a cidade, resultado da expansão industrial no Vale do Paraíba, e a alta taxa de crescimento da população urbana impõem à cidade um impacto gerado pela grande demanda por serviços básicos de saneamento, sistema de saúde, habitação e mobilidade. A Figura 24 apresenta o crescimento populacional do Município de Jacareí, conforme os anos censitários, onde é possível observar uma taxa de crescimento maior nas décadas de 1970 e 1980.

Fonte : SEPLAN 2000a

Figura 24 – Crescimento Populacional para o Município de Jacareí, conforme anos censitários

Ocorreu também um processo de espalhamento da mancha urbana, que foi favorecido pelas rodovias estaduais que cruzam o município, como os bairros Igarapés, Bandeira Branca, Jd Paraíso e Pq. Meia Lua.

As Figuras 25 e 26 ilustram o crescimento da mancha urbana no Município de Jacareí. Conforme já colocado, verifica-se que ocorreu um crescimento ao longo da Rodovia Dutra.

Fonte : SEPLAN (2000b) (mapa sem escala)

Figura 25 - Evolução histórica da mancha urbana do Município de Jacareí, para os anos de 1938, 1960, 1970, 1980, 1990 e 2000.

Fonte : SEPLAN (2000b)

Figura 26 – Resumo da evolução histórica da mancha urbana da cidade de Jacareí.

8 RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE MATERIAL PARTICULADO REALIZADO NO MUNICÍPIO DE JACAREÍ

Tabela 28 - Resultado do Monitoramento de Material Particulado (Partículas Inaláveis – PI e Partículas Totais em Suspensão – PTS) no Município de Jacareí, no período de agosto até novembro de 2000, em ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), conforme ordem crescente dos valores de PI.

local	data	dia da semana	horário de início	resultado	resultado		ocorrência de chuva
				PI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PTS ¹ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
coleginho	02/09/00	sábado	10:18	3,1		5,2	dias 2 e 3
armco	25/09/00	segunda	06:00	6,0	22,2	10,1	dia 25
armco	26/09/00	terça	08:45	6,8	20,2	11,4	dia 25
coleginho	07/09/00	quinta	06:00	10,7		17,8	
armco	18/08/00	sexta	15:00	11,8		19,7	dias 16 e 17
coleginho	04/09/00	segunda	06:00	12,0		20,0	
armco	12/08/00	domingo/segund	00:00	12,3		20,5	dias 10, 11 e 12
coleginho	14/11/00	terça	10:30		21,9		
coleginho	05/09/00	terça	12:00	16,7		27,9	dia 6
prefeitura	18/09/00	segunda	06:00	18,3		30,5	dias 16 e 17
armco	27/09/00	quarta	10:45	19,9	33,7	33,1	
armco	19/08/00	sábado	13:30	21,9		36,6	
prefeitura	15/09/00	sexta	08:00	24,8		41,3	dia 15
armco	29/09/00	sexta	09:00	25,4	55,4	42,3	
armco	28/08/00	segunda	06:00	26,0		43,3	dia 27
coleginho	08/09/00	sexta	08:35	27,1		45,1	
prefeitura	19/10/00	quarta	7:00	29,4	54,0	49,0	dia 20
armco	29/08/00	terça	09:15	31,2		51,9	
prefeitura	12/09/00	terça	08:50	31,6		52,7	
coleginho	12/11/00	domingo	06:00	31,9		53,1	dias 11 e 12
coleginho	11/11/00	sábado	23:00		61,8		
armco	30/09/00	sábado	10:00	38,2		62,9	
prefeitura	25/10/00	quarta	08:00		65,0	63,6	
prefeitura	24/10/00	terça	07:30	39,5		65,9	
prefeitura	14/09/00	quinta	07:00	40,4		67,3	dia 13 e 14
armco	20/08/00	domingo	13:15	42,5		70,9	
prefeitura	26/10/00	quinta	08:00		71,1		
prefeitura	19/09/00	terça	07:15	42,9		71,4	
armco	14/08/00	segunda	08:15	43,0		71,6	
prefeitura	18/10/00	terça	8:30	44,8	76,6	74,7	dia 18
coleginho	09/09/00	sábado	10:30	45,5		75,8	
prefeitura	27/10/00	sexta	08:15		82,3		
prefeitura	23/10/00	segunda	7:00	51,3		85,5	
armco	31/08/00	quinta	10:15	53,3		88,8	dia 30
armco	04/10/00	quarta	07:30	55,8	94,0	93,0	
prefeitura	20/10/00	quinta	7:00	55,9	87,7	93,1	dia 20
coleginho	11/09/00	segunda	06:00	63,0		105,0	
armco	15/08/00	terça	08:00	66,1		110,2	
armco	10/08/00	quinta/sexta	16:00	66,4		110,7	dia 7
armco	02/10/00	segunda	07:30	69,8	101,9	116,4	
armco	03/10/00	terça	07:30	84,2	127,6	140,3	
prefeitura	26/08/00	sábado	10:00	85,1		141,8	
coleginho	23/08/00	quarta	08:30	117,5		195,8	
coleginho	22/08/00	terça	06:00	122,2		203,7	
prefeitura	25/08/00	sexta	06:00	133,8		223,1	

¹ - valores calculados sobre os resultados obtidos no monitoramento de PI (coluna 5), considerando a relação PI/PTS = 0,60

Tabela 29 - Resultado do Monitoramento de Material Particulado (Partículas Inaláveis – PI e Partículas Totais em Suspensão – PTS) no Município de Jacareí, no período de agosto até novembro de 2000, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme ordem cronológica do monitoramento.

local	data	dia da semana	horário de início	resultado	resultado		ocorrência de chuva
				PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PTS ¹ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
armco	10/08/00	quinta/segunda	16:00	66,4		110,7	dia 7
armco	12/08/00	domingo/segunda	00:00	12,3		20,5	dias 10, 11 e 12
armco	14/08/00	segunda	08:15	43,0		71,6	
armco	15/08/00	terça	08:00	66,1		110,2	
armco	18/08/00	sexta	15:00	11,8		19,7	dias 16 e 17
armco	19/08/00	sábado	13:30	21,9		36,6	
armco	20/08/00	domingo	13:15	42,5		70,9	
coleginho	22/08/00	terça	06:00	122,2		203,7	
coleginho	23/08/00	quarta	08:30	117,5		195,8	
prefeitura	25/08/00	sexta	06:00	133,8		223,1	
prefeitura	26/08/00	sábado	10:00	85,1		141,8	
armco	28/08/00	segunda	06:00	26,0		43,3	dia 27
armco	29/08/00	terça	09:15	31,2		51,9	
armco	31/08/00	quinta	10:15	53,3		88,8	dia 30
coleginho	02/09/00	sábado	10:18	3,1		5,2	dia 2/3
coleginho	04/09/00	segunda	06:00	12,0		20,0	
coleginho	05/09/00	terça	12:00	16,7		27,9	dia 6
coleginho	07/09/00	quinta	06:00	10,7		17,8	
coleginho	08/09/00	sexta	08:35	27,1		45,1	
coleginho	09/09/00	sábado	10:30	45,5		75,8	
coleginho	11/09/00	segunda	06:00	63,0		105,0	
prefeitura	12/09/00	terça	08:50	31,6		52,7	
prefeitura	14/09/00	quinta	07:00	40,4		67,3	dias 13 e 14
prefeitura	15/09/00	sexta	08:00	24,8		41,3	dia 15
prefeitura	18/09/00	segunda	06:00	18,3		30,5	dia 16 e 17
prefeitura	19/09/00	terça	07:15	42,9		71,4	
armco	25/09/00	segunda	06:00	6,0	22,2	10,1	dia 25
armco	26/09/00	terça	08:45	6,8	20,2	11,4	dia 25
armco	27/09/00	quarta	10:45	19,9	33,7	33,1	
armco	29/09/00	sexta	09:00	25,4	55,4	42,3	
armco	30/09/00	sábado	10:00	38,2	62,9	63,6	
armco	02/10/00	segunda	07:30	69,8	101,9	116,4	
armco	03/10/00	terça	07:30	84,2	127,6	140,3	
armco	04/10/00	quarta	07:30	55,8	94,0	93,0	
prefeitura	18/10/00	terça	8:30	44,8	76,6	74,7	dia 18
prefeitura	19/10/00	quarta	7:00	29,4	54,0	49,0	dia 20
prefeitura	20/10/00	quinta	7:00	55,9	87,7	93,1	dia 20
prefeitura	23/10/00	segunda	7:00	51,3		85,5	
prefeitura	24/10/00	terça	07:30	39,5		65,9	
prefeitura	25/10/00	quarta	08:00		65,0		
prefeitura	26/10/00	quinta	08:00		71,1		
prefeitura	27/10/00	sexta	08:15		82,3		
coleginho	11/11/00	sábado	23:00		61,8		
coleginho	12/11/00	domingo	06:00	31,9		53,1	dias 11 e 12
coleginho	14/11/00	terça	10:30		21,9		

1 - valores calculados sobre resultados obtidos no monitoramento de PI (coluna 5), considerando a relação $\text{PI}/\text{PTS} = 0,60$

A média aritmética no período, para os valores do monitoramento de PI, ficou um pouco abaixo dos padrões primário e secundário do CONAMA.

A 1º máxima obtido no período também ficou um pouco abaixo do padrão CONAMA.

Tabela 30 - Resumo estatístico do resultado do monitoramento de PI para o Município de Jacareí, 2000.

PARÂMETRO	valores em µg/m3		
	JACAREÍ	Padrão primário	Padrão secundário
		CONAMA	CONAMA
média aritmética no período	42,4	50 (ANUAL)	50 (ANUAL)
desvio padrão	29,3		
mediana no período	39,0		
1º máximo ¹ (24 horas)	133,8	150,0	150,0
2º máximo ² (24 horas)	122,2	150,0	150,0
média dias s/ chuva	51,3		

¹ - maior valor obtido no monitoramento
² - 2º maior valor obtido no monitoramento

A média geométrica no período, para os valores do monitoramento de PTS, ficou um pouco abaixo do padrão primário e próxima do padrão secundário do CONAMA.

A 1º máxima estimada no período ficou um pouco abaixo do padrão primário, porém ficou acima do padrão secundário do CONAMA.

Tabela 31 - Resumo estatístico do resultado do monitoramento de PTS realizado em Jacareí, 2000.

PARÂMETRO	valores em µg/m3			
	PTS ¹	PTS ²	Padrão Primário	Padrão Secundário
			CONAMA	CONAMA
média geométrica no período	56,9	54,2	80 (ANUAL)	60 (ANUAL)
mediana no período	63,9	65,0		
1º máximo ³	127,6	223,1	240,0	150,0
2º máximo ⁴	101,9	203,7	240,0	150,0
média p/ dias s/ chuva ⁵	77,1	85,5		

1 - valores obtidos no monitoramento
2 - valores calculados sobre o PI, considerando a relação PI/PTS = 0,60
3 - maior valor obtido no monitoramento
4 - 2º maior valor obtido no monitoramento
5 - média aritmética para os dias sem chuva

Tabela 32 - Resumo da estatística dos dados coletados no monitoramento em Jacareí, 2000, para o ponto 1 – Prefeitura.

PARÂMETRO	valores em $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	PM10	PTS ¹	PTS ²
média aritmética	48,6	72,8	81,0
desvio padrão	26,4	10,3	43,9
média geométrica	43,2	71,9	72,1
mediana	42,7	73,8	71,1
1º máximo ³	133,8	87,7	223,1
2º máximo ⁴	85,1	82,3	141,8
média dias s/ chuva	53,3	72,8	88,9

1 - valores obtidos no monitoramento

2 - valores calculados sobre o PI, considerando a relação PI/PTS = 0,60

3 - maior valor obtido no monitoramento

4 - 2º maior valor obtido no monitoramento

Tabela 33 - Resumo da estatística dos dados coletados no monitoramento em Jacareí, 2000, para o ponto 2 – Coleginho.

PARÂMETRO	valores em $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	PI	PTS ¹	PTS ²
média aritmética	41,6	41,9	69,4
desvio padrão	38,5	20,0	64,2
média geométrica	26,4	36,8	44,0
mediana	29,5	41,9	49,1
1º máximo ³	122,2	61,8	203,7
2º máximo ⁴	117,5	21,9	195,8
média dias s/ chuva	65,3		108,9

1 - valores obtidos no monitoramento

2 - valores calculados sobre o PI, considerando a relação PI/PTS = 0,60

3 - maior valor obtido no monitoramento

4 - 2º maior valor obtido no monitoramento

Tabela 34 - Resumo da estatística dos dados coletados no monitoramento em Jacareí, 2000, para o ponto 3 – ARMCO.

PARÂMETRO	valores em $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	PI	PTS ¹	PTS ²
média aritmética	37,8	64,1	62,7
desvio padrão	23,1	37,1	38,5
média geométrica	29,5	53,2	49,2
mediana	34,7	59,2	57,8
1º máximo ³	84,2	127,6	140,3
2º máximo ⁴	69,8	101,9	116,4
média dias s/ chuva	45,3	79,3	75,4

1 - valores obtidos no monitoramento

2 - valores calculados sobre o PI, considerando a relação $\text{PI}/\text{PTS} = 0,60$

3 - maior valor obtido no monitoramento

4 - 2º maior valor obtido no monitoramento

Figura 27 - Gráfico da Concentração de Material Particulado – PI, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme pontos de monitoramento em Jacareí, 2000

Figura 28 - Valores da 1ª máxima de Concentração de Material Particulado – PI, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme pontos de monitoramento em Jacareí, 2000.

Tabela 35 - Resumo dos resultados da aplicação do modelo matemático de dispersão ISC3 para Partículas Totais em Suspensão – PTS, conforme cenários e fontes consideradas, para o Município de Jacareí, 2000.

CENÁRIOS	concentrações máximas obtidas na modelagem e respectivas coordenadas					
	máx ¹ 24hs		máx ² 24hs		máx ³ 24hs	
	(µg/m ³)	local coord. x,y	(µg/m ³)	local coord. x,y	(µg/m ³)	local coord. x,y
cenário 1						
todas as fontes ⁴	243	395000 7422400	227	401000 7422400	160	403000 7428000
indústrias (cadastradas) ⁵	31	397000 7416800	25	395000 7416800	17	395000 7419600
via Dutra ⁶	217	395000 7422400	144	403000 7428000	107	399000 7425200
av. central ⁷	203	401000 7422400	15	401000 7419600	15	397000 7419600
cenário 2						
todas as fontes	186	395000 7422400	127	403000 7428000	123	401000 7422400
via Dutra	173	395000 7422400	119	403000 7428000	93	399000 7425200
av. central	102	401000 7422400	16	399000 7422400	11	395000 7416800
cenário 3						
todas as fontes	212	395000 7422400	150	401000 7422400	140	403000 7428000
via Dutra	196	395000 7422400	97	399000 7425200	84	393000 7422400
av. central	127	401000 7422400	19	399000 7422400	13	395000 7416800

¹ - valor mais alto obtido no modelo de dispersão, para a grade dos pontos receptores
² - 2º valor mais alto obtido no modelo de dispersão, para a grade dos pontos receptores
³ - 3º valor mais alto obtido no modelo de dispersão, para a grade dos pontos receptores
⁴ - o modelo matemático foi executado considerando todas as fontes (indústrias, veículos)
⁵ - o modelo matemático foi executado considerando somente as fontes industriais
⁶ - o modelo matemático foi executado considerando somente a fonte Via Dutra (veículos que trafegam nesta Via)
⁷ - o modelo matemático foi executado considerando somente a fonte avenida central que corta a área urbana central (veículos que trafegam nesta avenida)

Figura 29 – Gráfico do resultado da modelagem matemática para Jacareí, conforme cenários e fontes considerados.

Figura 30 - Mapa de Jacareí com a indicação dos pontos da 1ª, 2ª e 3ª máximas, para os cenários 1, 2 e 3, considerando todas as fontes.

Tabela 36 - Resumo dos resultados da aplicação do modelo matemático de dispersão ISC3 para Partículas Totais em Suspensão, conforme cenários e fontes consideradas, para o Município de Jacareí, 2000

CENÁRIOS	concentrações máximas obtidas pela modelagem matemática para os pontos monitorados		
	ponto 1 prefeitura	ponto2 coleginho	ponto3 armco
	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)
cenário 1			
todas as fontes ¹	228	136	65
indústrias (cadastradas) ²	1	14	4
via dutra ³	34	30	17
av. central ⁴	181	20	20
cenário 2			
todas as fontes ¹	123	77	36
via dutra ³	27	24	13
av. central ⁴	90	10	10
cenário 3			
todas as fontes ¹	151	93	44
via dutra ³	30	27	15
av. central ⁴	113	12	12

¹ - o modelo matemático foi executado considerando todas as fontes (indústrias, veículos)

² - o modelo matemático foi executado considerando somente as fontes industriais

³ - o modelo matemático foi executado considerando somente a fonte Via Dutra (veículos que trafegam nesta Via)

⁴ - o modelo matemático foi executado considerando somente a fonte avenida central que corta a área urbana central (veículos que trafegam nesta avenida)

9 DISCUSSÃO

Uma das discussões centrais sobre os indicadores de desenvolvimento sustentável é a definição de quais e quantos indicadores são necessários para a avaliação dos processos de desenvolvimento sustentável nos âmbitos local e global. Há uma grande diversidade de indicadores sociais, econômicos e ambientais em uso, porém, a sua utilização sem estudos e critérios adequados poderá dificultar a avaliação e comunicação do processo de desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, torna-se importante que se pesquise os indicadores existentes e em uso, uma vez que já se dispõe de histórico e experiência para diversos deles, possibilitando assim uma aplicação mais imediata, inclusive com análises temporais.

A poluição atmosférica por material particulado na área urbana é causada ou agravada por um conjunto de atividades inerentes ao meio urbano, como o sistema de transporte, sistema de limpeza, atividades industriais, atividades de construção civil, entre outras.

Desta forma, uma gestão inadequada das atividades do espaço urbano pode comprometer a qualidade do ar, com impactos negativos na saúde pública, na flora e fauna da região do entorno.

9.1 Comprovação das Hipóteses levantadas

Ao possibilitar correlacionar as ações antrópicas, as modificações ambientais e os impactos na saúde pública, o indicador de qualidade do ar para material particulado apresenta um potencial para ser utilizado no conjunto de indicadores para avaliação do processo de desenvolvimento sustentável, conforme **Hipótese I** levantada.

Para que um indicador ambiental possa medir desenvolvimento sustentável,

deve possibilitar que se estabeleça uma relação entre as atividades no meio urbano e as modificações ou impactos que estão sendo causados, e que podem comprometer negativamente a qualidade de vida presente e futura.

Conforme ilustrado na Figura 31, a utilização do indicador de qualidade do ar - poluente material particulado, pode dar informações sobre parte de um conjunto de dimensões que integram o desenvolvimento sustentável. Este indicador pode captar mudanças que direta ou indiretamente contribuem para a promoção do desenvolvimento sustentável, conforme detalhado nos capítulos 4 e 6, desta forma reforçando a **Hipótese I** levantada.

Fonte : SMA 1993

Figura 31 - Exemplos de dimensões do Desenvolvimento Sustentável, que podem ser captadas pelo indicador de qualidade do ar para o poluente Material Particulado.

A mudança do padrão de consumo poderá ser obtida por meio de maior eficiência no sistema de produção, pela otimização do uso dos recursos naturais e minimização da geração de rejeitos. Como resultado, haverá uma

diminuição no consumo de combustível e de recursos naturais e consequentemente uma redução na quantidade de poluentes lançados na atmosfera, que finalmente poderá ser detectada pelo indicador de qualidade do ar.

Para a questão populacional, tem-se como objetivos a melhoria da qualidade de vida da população, o envolvimento pleno da comunidade na tomada de decisões, a promoção de assentamentos sustentáveis, entre outros. Assim, ao fornecer informações estratégicas para a comunidade, o uso do indicador de qualidade do ar possibilita o envolvimento real da comunidade no processo de gestão da cidade.

A melhoria do sistema de limpeza urbana, que inclui a redução da quantidade de resíduos gerados, o incentivo à reciclagem e reuso e a disposição adequada dos resíduos sólidos, contribuirá para evitar a queima irregular de resíduos. A manutenção regular do sistema viário, com atividade de conservação e limpeza, resultará em menor quantidade de material ressuspensão pela movimentação de veículos. Um sistema de limpeza urbana deficiente, com maior acúmulo de poeira nas vias públicas e um grande número de focos clandestinos de queima de resíduos na cidade contribuirá negativamente para a qualidade do ar, em especial o material particulado.

A gestão adequada da qualidade ambiental reduz o risco à saúde humana provocado pela poluição, inclusive podendo dar suporte adequado à proteção de grupos vulneráveis.

O planejamento ambiental urbano adequado pode resultar no uso mais eficiente da energia, num sistema de transporte urbano que estimule a redução da quantidade de viagens diárias, na concepção de um transporte de cargas menos poluente, reduzindo assim a quantidade de poluentes lançados na atmosfera. Um sistema de transporte com predominância de viagens individuais, resultará em um maior número de quilometragem diária, e portanto o material particulado proveniente do escapamento dos veículos e

da ressuspensão terá um maior impacto potencial negativo na qualidade do ar.

É preciso que o cidadão, ao ligar o seu veículo para ir ao trabalho, saiba que está contribuindo para o aumento do efeito estufa global, ou que ao trafegar pelas ruas de sua cidade contribui para aumentar a poluição por material particulado e um maior consumo de recursos naturais não renováveis.

Entretanto, somente o fato de saber que sua ação contribui negativamente, pode não ser suficiente para que a sua cidade atinja o desenvolvimento sustentável.

É também necessário repensar os modelos de desenvolvimento, para uma revisão das questões de consumo sustentável, estilos e prioridades a serem enfocadas. É preciso que este cidadão saiba, ou que ele busque ou cobre alternativas para que suas atividades sejam menos impactantes, como por exemplo a disponibilização de transporte coletivo eficiente, ou veículos que poluam menos.

A conscientização da comunidade para a importância da questão da poluição do ar poderá resultar na tomada de decisões que considerem as questões de desenvolvimento econômico, social e meio ambiente.

Desta forma, a inserção do indicador de qualidade do ar como ferramenta de gestão ambiental, possibilita que ao monitorar a concentração de material particulado, se faça a conexão da atividade diária do cidadão, de trafegar com seu veículo até o serviço, ou as atividades de manutenção da cidade, e o problema da poluição atmosférica. Se este monitoramento é realizado de forma permanente, pode captar a tendência de melhoria ou piora da qualidade do ar, e portanto, avaliar se a cidade está caminhando rumo ao desenvolvimento sustentável.

Entretanto, este indicador apresenta-se limitado para avaliar todo o conjunto de dimensões de um processo de desenvolvimento sustentável, que inclui os aspectos ambientais, sócio-culturais, econômicos e institucionais, conforme

Hipótese II levantada. Uma análise dos diferentes modelos de indicadores de desenvolvimento sustentável apresentados no capítulo 6, sugere uma tendência da utilização de um conjunto de indicadores, entre os quais o indicador de qualidade do ar está incluso em quase todos os modelos adotados.

Um indicador de qualidade do ar sozinho poderá não captar se um cenário monitorado reflete uma situação sustentável. Por exemplo, no caso da instalação de filtros de controle de poluição em uma determinada chaminé, ter-se-á como resultado uma melhoria da qualidade do ar, e portanto um impacto menor na saúde da população do entorno, porém não irá diminuir o impacto a longo prazo sobre recursos não renováveis. Uma vez que é necessária uma avaliação do conjunto, há necessidade do uso de outros indicadores para contemplar todas as dimensões envolvidas, conforme

Hipótese II levantada.

9.2 O Uso do Indicador no Processo de Planejamento e Gestão

a) Aplicação do modelo de dispersão

A utilização do modelo de dispersão, como ferramenta para a previsão da qualidade do ar para o indicador selecionado, possibilita a simulação de cenários futuros de desenvolvimento da cidade, como a implantação de novas vias de tráfego, ou aumento do fluxo de veículos, podendo assim ser feita uma pré-avaliação das alternativas ao longo do tempo, o que representa uma aplicação prática dos indicadores de qualidade do ar na avaliação prévia de um plano de desenvolvimento sustentável.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA, 1999) (KUZMYAK, 2000) (CARLSON, 2000) desenvolve e disponibiliza diversos modelos de computador que podem, por exemplo, ser utilizados para avaliar os impactos de programas de incentivos para meios de transporte menos poluentes.

Se o objetivo é manter ou alcançar um nível de qualidade do ar, por exemplo, que atenda padrões mínimos para áreas turísticas, o monitoramento poderá avaliar se as intervenções em obras do sistema viário, ou se as diretrizes de uso do solo estão trazendo melhoria da qualidade do ar. Pode também avaliar o impacto das medidas do Plano de Desenvolvimento em escala regional (como bacia aerográfica), ou seja, se a cidade está emitindo menos poluição atmosférica, também será menor o impacto no entorno. A criação de um distrito industrial, afastando a fonte de poluição da área urbana, poderá resultar numa melhoria da qualidade do ar na área monitorada, mas pode causar impacto em outras regiões, as quais talvez não disponham de um sistema de monitoramento.

b) Aplicação do indicador para as diferentes realidades urbanas

Um ponto importante nesta discussão é a viabilização deste indicador para o universo de diferentes cidades, com porte, receita, características físico-biológicas, clima, etc distintos, que compõem o conjunto dos mais de seis mil municípios brasileiros. Uma avaliação deve ser feita sob os pontos de vista econômico e institucional e de real necessidade do indicador de qualidade do ar para estas diferentes realidades.

A implantação de um sistema de avaliação da qualidade do ar exige investimentos financeiros e de adequação institucional, como aquisição de equipamentos, capacitação operacional, operação e manutenção, e uma estrutura adequada para utilização dos dados coletados. Tais investimentos são incompatíveis com a realidade de diversos municípios brasileiros.

O ideal seria que o processo de planejamento para o desenvolvimento sustentável de uma cidade se iniciasse concomitantemente com o seu surgimento, de modo que o enfoque preventivo pudesse diminuir os conflitos e problemas associados à gestão do sistema urbano. Desta maneira, a avaliação da qualidade do ar estaria sendo realizada desde o início do processo de desenvolvimento. Muitas cidades surgem ou crescem no entorno de grandes empreendimentos industriais, como fábricas de cimento,

pólos petroquímicos, fábricas de papel e celulose, etc, ou podem estar sujeitas ao impacto de grandes queimadas na área rural ou de outros empreendimentos da região, cujo risco à saúde pública pode ser significativo mesmo em núcleos urbanos pequenos.

Porém, a realidade geral é um quadro de cidades já implantadas, com problemas urgentes. Observa-se entretanto uma demanda crescente por um modelo de planejamento e gestão diferenciado, conforme pode ser verificado, por exemplo, pelo grande número de iniciativas de desenvolvimento da Agenda 21 Local (MMA, 2001).

Para aqueles municípios localizados na RMSP, cujos níveis de qualidade do ar estão próximos ou ultrapassam os padrões existentes, o monitoramento torna-se uma ferramenta importante na gestão de episódios de poluição atmosférica. Embora o indicador de qualidade do ar seja importante na gestão de episódios, a sua utilização como Indicador de Desenvolvimento Sustentável é reduzir as concentrações de poluição para níveis mínimos.

A implantação de um sistema de informações nos moldes do Sistema Internacional de Monitoramento Atmosféricos (Air Monitoring International System – AMIS), ou como o modelo da CETESB, para o Estado de São Paulo, cumprem um papel importante no uso dos indicadores de qualidade do ar. Esta rede de monitoramento possibilita a obtenção de dados para acompanhamento das tendências regionais, que conforme CETESB (2001), o caso de São José dos Campos, que apresenta níveis elevados de concentração de alguns poluentes atmosféricos, cuja situação foi também detectada pelo monitoramento realizado para o Município de Jacareí

Tais sistemas também possibilitam pesquisas e desenvolvimento contínuo de outros indicadores e parâmetros, que podem vir a ser utilizados no sistema de planejamento local e regional, como volume de fluxo de veículos ou quilometragem de viagens diárias, e a relação com qualidade do ar.

Estes sistemas contribuem no desenvolvimento de modelos de dispersão,

que se constituem em ferramenta de planejamento no sistema de gestão, por meio do qual é possível se estimar níveis esperados de concentração de poluentes atmosféricos e nível de exposição da população a risco.

HOWITT e MOORE (1999) desenvolveram diversos estudos em cidades dos Estados Unidos, as quais não estavam atendendo os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação federal. O volume diário de quilômetros rodados para as viagens urbanas, foi um dos indicadores utilizados no processo de avaliação e planejamento. Um dos resultados do estudo mostra que a vinculação, ao atendimento dos padrões de qualidade do ar, a partir da década de 1990, para liberação de verbas do governo federal para obras do sistema viário, produziram efeitos positivos no modelo de planejamento, incorporando e integrando a questão da poluição do ar nos projetos viários.

9.3 O Indicador de Qualidade do Ar em Jacareí

No monitoramento realizado para o Município de Jacareí foram observados valores das concentrações de PTS e PI que se apresentam acima dos padrões legais. Desta forma é possível identificar, num primeiro momento, que a estrutura e a gestão da cidade, representadas pelo conjunto do desenho urbano, uso do solo, sistema de transporte, etc, não estão funcionando dentro dos princípios de sustentabilidade, pois esta situação representa um aumento do risco à saúde pública e comprometimento da qualidade de vida da comunidade.

Esta situação pode ser comparada a um equipamento que monitora o ritmo cardíaco ou a pressão sangüínea de um paciente, e que ao detectar que está fora de padrões estabelecidos, é soado um alarme. A análise das causas e consequências destas alterações são então feitas por um especialista ou uma equipe, conforme a gravidade, que utiliza sua experiência, a ficha do paciente, e outros exames (indicadores) que possam ser necessários. A aplicação de alguma droga poderá resultar numa melhora momentânea do quadro clínico, mas é possível que seja dado ao paciente

uma dieta alimentar especial, uma mudança de hábitos, que então resultarão em melhoria a longo prazo.

Os resultados obtidos pelo modelo de dispersão aplicado para o Município de Jacareí apresentaram valores e tendência também medidos pelo monitoramento realizado. Os valores máximos de níveis de concentração de PTS de aproximadamente $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obtidos no modelo, são da mesma ordem de grandeza do valor máximo obtido no monitoramento realizado no período de agosto a novembro de 2000. A tendência com relação à variação espacial das concentrações de material particulado foi a mesma observada nos resultados da modelagem, ou seja, o ponto 1 (prefeitura), apresentou as concentrações mais altas, seguido pelo ponto 2 (coleginho) e por último o ponto 3 (armco).

Isto reforça o potencial de uso dos modelos matemáticos para o estudo da dispersão de poluentes, ou seja, na estimativa da qualidade do ar.

O uso da modelagem de dispersão atmosférica possibilitou também estimar o impacto da Rodovia Dutra na qualidade do ar na área urbana, cuja análise dos dados indicou uma contribuição da rodovia por material particulado – PTS da ordem de 10 a 20%.

A aplicação do modelo de dispersão na identificação de áreas potenciais de exposição de risco, conforme pode ser observado nas áreas mais próximas da Rodovia Dutra e na região central da área urbana, pode subsidiar o planejamento do solo urbano, ao indicar áreas menos propícias à ocupação residencial, ou áreas que necessitam de intervenção mais urgente. Por exemplo, a tendência de um crescimento da mancha de ocupação residencial em direção ao corredor da Via Dutra, representa uma situação insustentável do ponto de vista de saúde pública. Estas áreas não são adequadas, por exemplo, para instalação de equipamentos de serviços de saúde, e certos equipamentos institucionais, como escolas infantis, tendo em vista a maior exposição de uma parcela mais susceptível da população.

O cenário 3, para o qual foi considerado um valor mais conservador para a carga de poeira na rua mostra que um programa, por exemplo, de limpeza e umectação de vias públicas, pode reduzir os níveis de concentração de material particulado. Uma maior restrição para veículos pesados na área central do município pode também contribuir para a redução dos níveis de poluentes.

Os valores máximos de concentração de material particulado (média de 24 horas), no município de Jacareí, apresentam níveis próximos aos limites do padrão primário, uma situação insustentável, tendo em vista que a tendência é piorar com o aumento do número de veículos circulando pela área urbana. Um possível e significativo aumento da circulação de veículos (rota de fuga) após a implantação da praça de pedágio na Rodovia Dutra, junto ao trecho de Jacareí, irá contribuir para piorar a Qualidade do Ar, podendo ultrapassar os padrões legais de qualidade do ar.

A concentração máxima encontrada para o ponto 1 (prefeitura), é causada principalmente pelos poluentes emitidos por veículos da via de trânsito urbano, sendo que a contribuição da Via Dutra, conforme o modelo de dispersão, pode representar até 15%. As ações no âmbito municipal têm papel significativo na redução da poluição atmosférica por material particulado proveniente das vias de tráfego urbano, e consequentemente na redução do nível de exposição da população.

Várias ações concretas podem ser previstas para melhoria da qualidade do ar urbano em Jacareí: um programa municipal de inspeção e manutenção de veículos; incentivo para mudança de combustível das frotas de taxi e ônibus e posteriormente veículos de passeio, tendo em vista a atual disponibilidade de suprimento de gás natural, nos moldes que o setor industrial já vem realizando; criar condições e incentivar o uso de bicicletas, transporte este que já é bastante comum na região do Vale do Paraíba.

O sistema de avaliação de qualidade do ar tem potencial para ser utilizado na implantação e monitoramento de planos de desenvolvimento sustentável,

porém é necessário que o sistema de planejamento urbano funcione de forma integrada.

Um monitoramento constante da qualidade do ar no Município de Jacareí poderá ser pouco eficiente no que se refere ao seu potencial como indicador de desenvolvimento sustentável, considerando a inexistência de um Plano de Desenvolvimento Municipal, e a ausência de estrutura efetiva de participação comunitária na promoção de mudanças.

9.4 O Indicador de Qualidade do Ar no Processo de Monitoramento do Desenvolvimento Sustentável

À luz dos modelos apresentados no capítulo 6, também é possível se traçar algumas considerações no uso do indicador de qualidade do ar para monitorar um Plano de Desenvolvimento Sustentável Local.

Para o modelo de indicador pressão/estado/resposta – PER, obtém-se como resultado da Avaliação da Qualidade do Ar em áreas urbanas um indicador de ESTADO. É necessário então um indicador de PRESSÃO, que neste caso seria por exemplo um inventário de fontes de poluição, que conforme apresentado no capítulo 5, deve fazer parte de um Programa de Avaliação da Qualidade do Ar. É necessário fazer um acompanhamento para avaliar a tendência. O indicador de RESPOSTA seria por exemplo o investimento previsto e realizado e as políticas públicas efetivamente criadas para o controle da qualidade do ar.

Utilizando o indicador de qualidade do ar como um dos integrantes das 5 componentes do modelo do Índice de Sustentabilidade Ambiental proposto pelo Fórum Econômico Mundial - WEF (World Economic Forum) resulta que: o monitoramento da qualidade do ar serve para avaliação da componente sistema ambiental (equivale ao indicador de ESTADO do modelo PER); os dados do inventário de fontes de poluição, serviria para avaliar a componente riscos e stress ambientais (equivale ao indicador de PRESSÃO no modelo PER). Para a componente vulnerabilidade da população a

impactos ambientais são necessários dados de saúde pública e culturais. Com relação à capacidade social e institucional, refere-se ao sistema instalado para avaliação da qualidade do ar, como pessoal técnico, equipamentos de análise (garantia da qualidade). Também aqui pode-se avaliar como o sistema está estruturado para participação da comunidade e para políticas públicas de controle da poluição. A capacidade de mudança global está relacionada ao impacto na vizinhança, e se a ação local contribui para a melhoria global (como redução de gases de efeito estufa).

É importante finalmente observar que o indicador de qualidade do ar é uma componente de um conjunto de indicadores, que podem ser agregados num índice, como no modelo do WEF, ou analisados individualmente como no modelo da Organização das Nações Unidas e no exemplo do caso Seattle, conforme as **Hipóteses I e II** levantadas.

10. CONCLUSÃO

Nesta virada de milênio observa-se um crescente movimento mundial para a busca de um mundo mais feliz. Faz-se necessário o repensar dos modelos de desenvolvimento adotados anteriormente, de forma que se consiga reverter ou parar os processos de degradação que atingem escalas globais, como a poluição do ar, água e solo, o consumo acelerado de recursos naturais, o aumento da taxa de extinção de espécies da fauna e flora.

Neste cenário, passos importantes vêm sendo galgados, como os compromissos assinados durante a RIO 92 e outros eventos internacionais na área de habitação, educação ambiental, recursos hídricos, proteção da camada de ozônio.

Assim, os indicadores de desenvolvimento sustentável entram em cena para cumprir uma tarefa complexa, pois ao mesmo tempo que têm como função o monitoramento das condições vitais da biosfera, precisam ser simples para comunicar a comunidade, cientistas, líderes e tomadores de decisões.

A discussão realizada nos capítulos 4, 6 e os resultados obtidos no estudo de caso para o Município de Jacareí, permitem concluir que a **Hipótese I** - os indicadores de qualidade do ar, Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis – PI, servem para monitorar o desenvolvimento sustentável local, e a **Hipótese II** - que os mesmos indicadores não conseguem isoladamente avaliar desenvolvimento sustentável - são verdadeiras.

Desta forma, o indicador de qualidade do ar para Material Particulado tem potencial para ser utilizado na composição de um conjunto maior de indicadores

de desenvolvimento sustentável urbano, que deverão ser estudados, desenvolvidos ou ajustados, para as diferentes realidades e necessidades que formam as cidades.

Observar-se uma tendência da utilização do indicador de qualidade do ar para material particulado, com maior ênfase para as Partículas Inaláveis - PI e Partículas Ultra-finas PM_{2,5}, na função de indicador de desenvolvimento sustentável, em conjunto com outros indicadores, conforme os documentos de WHO 1999, JESINGHAUS 1999, MEADOWS 1998. Verifica-se que estes indicadores estão sendo inseridos em Políticas, Planos, Programas e Projetos Internacionais e Locais, como também sendo disponibilizados em redes de comunicação, reforçando assim a conclusão da válida das **Hipóteses I e II** levantadas.

Portanto, o levantamento de experiências, a discussão da gestão da qualidade do ar, a execução do estudo de caso, mostraram que o Indicador de Qualidade do Ar para Material Particulado é viável para ser utilizado nas diversas fases do processo de planejamento e gestão, como o diagnóstico, projeto, execução e avaliação, devendo assim ser incorporado efetivamente neste processo.

Os resultados do estudo de caso da qualidade do ar na cidade de Jacareí, realizado por meio de monitoramento e modelagem matemática de dispersão de material particulado, evidenciaram uma situação não favorável quanto ao risco de exposição da comunidade. Esta situação de risco à saúde pública pode resultar em aumento nos custos de gestão urbana e diminuição da qualidade de vida da comunidade. Portanto, este quadro em que a cidade se encontra não atende aos princípios de desenvolvimento sustentável.

As principais recomendações deste estudo são:

a) necessidade de incorporação do indicador de qualidade do ar para material particulado no processo de gestão e planejamento urbano das cidades

No âmbito do Estado de São Paulo, onde se dispõe de um longo histórico para os indicadores de qualidade do ar, é necessário que os sistemas de planejamento regional e local incorporem estes indicadores, dentro dos princípios de desenvolvimento sustentável.

No levantamento bibliográfico efetuado não constam muitas experiências de incorporação dos indicadores de qualidade do ar estaduais em processos municipais de planejamento para o desenvolvimento sustentável.

Assim, para a utilização do indicador de qualidade do ar – material particulado – no âmbito local, é necessário uma reforma nos atuais processos de gestão local, como também uma melhor integração entre os sistema estadual de monitoramento e o sistema de planejamento local.

A utilização do indicador de qualidade do ar como indicador de desenvolvimento sustentável contribui no processo de elaboração do plano diretor de desenvolvimento municipal, nas fases de eclosão, projeto e implantação, na definição de estratégias e no monitoramento, tornando-se assim uma ferramenta importante para a implantação do processo de desenvolvimento sustentável local.

O uso dos modelos matemáticos de dispersão de poluentes atmosféricos são importantes ferramentas no processo de gestão e planejamento, pois podem

amenizar os altos custos de implantação, operação e manutenção do sistema de monitoramento. É necessário entretanto a capacitação de recursos humanos para esta função.

Faz-se também necessário, para efetivação da prática do uso do indicador de qualidade do ar no processo de desenvolvimento sustentável, que sejam priorizados investimentos em pesquisa para utilização de indicadores alternativos, que sejam de mais fácil coleta, análise e comunicação à comunidade, como por exemplo relacionar velocidade média do fluxo de veículos e poluição; quilometragem total de veículos na área urbana e poluição; também pesquisa em “boas práticas de sustentabilidade”, como por exemplo a incorporação das questões da poluição no dimensionamento das vias públicas, a concepção de um desenho urbano que considere também aspectos da poluição, assim casas com recuos mínimos mais adequados; planejar o uso do solo de modo a diminuir as distâncias percorridas diariamente, estudar corredores de amortecimento de poluição ao longo de rodovias (em função de volume de veículos e composição), e outros.

b) material particulado proveniente dos sistemas viários

Tendo em vista os resultados encontrados para o estudo de caso em Jacareí, com relação ao potencial poluidor dos sistemas viários, é necessário que os inventários de fontes de poluição considerem esta contribuição, principalmente a ressuspensão de poeira, e não somente o material particulado de escapamentos e pneus.

c) necessidade de um processo efetivo de discussão da questão do desenvolvimento sustentável em âmbito nacional

Um ponto importante para o máximo aproveitamento de todo o potencial de um indicador é a implantação prévia de um processo de discussão sobre o desenvolvimento sustentável. Este processo tem como objetivo, a visualização por toda a comunidade da sua cidade ideal.

A elaboração de um plano diretor municipal nos moldes do Plano de Desenvolvimento Sustentável, e o processo de implantação da Agenda 21 Local possibilitam a base necessária para um esforço conjunto rumo ao desenvolvimento sustentável.

A resposta então virá em forma de mudança e incorporação dos princípios do desenvolvimento sustentável na ação e reação de cada indivíduo da sociedade, em projetos de co-responsabilidade entre comunidade-governo e instituições privadas, e em políticas públicas mais justas e representativas.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[ABNT] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR13412 – Material Particulado em Suspensão na atmosfera – determinação da concentração de Partículas Inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas – método de ensaio.** Rio de Janeiro; 1995.

[ABNT] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR9547 – Material Particulado em Suspensão no ar ambiente – determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume – método de ensaio.** Rio de Janeiro; 1986.

Andrade ALD. **Proposta de recuperação da Villa Cultura.** Jacareí : Fundação Cultural de Jacareí; 1998.

Assunção JV. **Dispersão atmosférica.** São Paulo: 1983 [Apostila do curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Atkisson A. Developing indicators of sustainable community : lessons from Sustainable Seattle. **Environ Impact Assess Rev** 1996; 16:337-50.

Bornal WG. Introdução. In: Robrahn-González ÉM, Zanettini PE. **Jacareí : Às vésperas do descobrimento.** Jacareí: O Expresso; 1999.

Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília (DF), 11 jul 2001. Seção 1 - Atos Poder Legislativo.

Brasil. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Legislação federal sobre o meio ambiente**. Taubaté : Vana; 1999. [Seleção, compilação, comentários, e anotações remissivas de autoria de Ventura VJ, Rambelli AM].

Carmo Neto D. **Metodologia científica para principiantes**. Salvador: Universidade Americana; 1993.

Castro ML, Geiser SRA, Philippi Jr A, Ogera RC, Salles CP. Conselho municipal de meio ambiente na formulação de políticas públicas. In: Philippi JR A, Maglio IC, Coimbra JAA, Franco RM, editores. **Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente; 1999.

[CETESB] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – 2000** [online]. São Paulo: CETESB; 2001. Disponível em <URL: <http://www.cetesb.sp.gov>> [2001 Jun 5].

Cidade On Line. **Fotos Históricas do Município de Jacareí** [on-line]. Disponível em < URL: <http://www.jacareí.com.br/htfotos.asp>> [2002 Dez 15].

[CONAMA] Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 001 de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. **Legislação federal sobre o meio ambiente**. Taubaté : Vana; 1999. [Seleção, compilação, comentários, e anotações remissivas de autoria de Ventura VJ, Rambelli AM].

[CONAMA] Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 003 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre a ampliação do monitoramento e controle dos poluentes atmosféricos. **Legislação federal sobre o meio ambiente**. Taubaté : Vana; 1999. [Seleção, compilação, comentários, e anotações remissivas de autoria de Ventura VJ, Rambelli AM].

[CONAMA] Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 237 de 19 de dezembro de 1997. [publicação da ANAMMA – Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente]

Ehrlich PR, Ehrlich AH, Holdren JP. **Ecoscience: population, resources environment**. San Francisco: W.H. Freeman; 1977.

Etzioni A. Mixed-scanning : A “third” approach to decision making. In: Faludi A. **A reader in planning theory**. New York : Pergamon; 1970. p.217- 29.

Forattini OP. **Ecologia, epidemiologia e sociedade**. São Paulo: Artes Médicas/EDUSP; 1992.

Hammond A, Adriaanse A, Rodenburg E, Bryant D, Woodward R. **Environmental indicators : A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. New York: WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE;1995.

Hardi P, Barg S, Hodge T, Pintér L. **Measuring sustainable development : Review of current practice**. Ottawa: Industry Canada; 1997. Available from <URL: <http://www.issd.ca/about/prodcat/perfrep.pdf>> [2001 Aug 4] [Occasional paper number 17].

Hardi P, Zdan T, editors. **Assessing sustainable development: Principles in practice** [on-line]. Winnipeg (Canada): IISD – International Institute for Sustainable Development; 1997. Available from <URL: <http://www.iisd.ca/about/prodcat/principlesinpractice.pdf>> [2001 Aug 4].

Howitt AM, Moore EM. **Linking transportation and air quality planning: implementation of the transportation conformity regulations in 15 non-attainment areas**. Harvard : Environmental Protection Agency, 1999; Available from <URL: [http:// www.epa.gov/oms/transp/conform/fullrpt.pdf](http://www.epa.gov/oms/transp/conform/fullrpt.pdf) [2001 Jun 7].

Jesinghaus J. **A European system of environmental pressure indices – first volume of the environmental pressure indices handbook : The indicators – part I : Introduction to the political and theoretical background** [on line]; ISPRA (VA): Institute for Systems, Informatics and Safety; 1999 [draft]. Available from <URL: http://escl.jcr.it/envind/theory/handb_htr [2001 Jun 7].

Lakatos EM, Marconi MA. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ª ed. São Paulo : Atlas; 1991.

Lakatos EM, Marconi MA. **Metodologia do trabalho científico**. 4ª ed. São Paulo : Atlas; 1992.

Machado LMCP. Indicadores. In: Martos HL, Maia NB, organizadores. **Indicadores ambientais**; Sorocaba: Centro de Ciências Médicas e Biológicas/PUC-SP, 1997 (p. 15 – 21).

Maglio IC. Cidades Sustentáveis : Prevenção, controle e mitigação de impactos ambientais em áreas urbanas. In : Philippi JR A, Maglio IC, Coimbra JAA, Franco RM, editores. **Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente; 1999.

Malheiros TF, Assunção JV. Indicadores de desenvolvimento sustentável. In: **23º Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental** [CD ROM]; 2000 dez 3 – 8, Porto Alegre.

Malheiros TF, Philippi JR A. Um guia para o desenvolvimento sustentável; In : **9º SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental** [CD ROM]; 2000 abr 9-14, Porto Seguro.

Malheiros TF. **Guideline for small town sustainable development**. Karlsruhe. 1996; [Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Karlsruhe – Alemanha].

Marques MEA. Apontamentos históricos, geográficos, biográficos, estatísticos e noticiosos da Província de São Paulo. In Lencioni C, editor. **Jacareí – viajantes e cronistas**. Aparecida: C. Lencioni; 1991. p.43-4.

McDowell BD, Hand I, So FS. **The practice of state and regional planning**. Chicago: Apa American Planning Association; 1986.

Meadows D. **Indicators and information systems for sustainable development** [on line]; Hartland Four Corners (Ca): The Sustainability Institute; 1998. Available from <URL <http://www.issd.ca/about/prodcat/perfrep.pdf>> [2001 Aug 4].

Medina S, Dab W, Quénel P, Ferry R, Festy B. La contaminación atmosférica sigue constituyendo un problema de salud pública en París. **Foro Mundial de la Salud**. 1996; 17:169 – 203.

Miranda EE, Dorado AJ, Assunção JV. **Doenças respiratórias crônicas em quatro municípios paulistas**. Campinas : ECOFORÇA, 1994.

[MMA] Ministério do Meio Ambiente; **Construindo a Agenda 21 Local** [on line]; Brasília (DF); 2001. Disponível em <URL <http://www.mma.gov/port/se/agen21/doc/construi.zip>> [2001 Ago 4].

Monteiro YDP, coordenador. **Subsídios para a elaboração do Plano Diretor**. São Paulo: CEPAM; 1990.

[ONU] Organização das Nações Unidas. Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro : FGV; 1988.

Pereira VAM Nunes HMT, Nunes GSS. **Caracterização do Regime de vento para a região de Jacareí – SP**. Jacareí; 1997 [Relatório elaborado para fins de licenciamento de loteamento].

Philippi JR A, Zulauf WE. Estruturação dos municípios para a criação e implementação do sistema de gestão ambiental. In: Philippi JR A, Maglio IC, Coimbra JAA, Franco RM, editores. **Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente; 1999.

Pintér L, Zahedi K, Cressman DR. **Capacity building for integrated environmental assessment and reporting – training manual** [on-line]. 2nd ed. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, United Nations Environmental Programme, Ecologistics International Ltda; 2000; Available from <URL [http:// www.issd.ca/about/prodcat/capacitybuilding.pdf](http://www.issd.ca/about/prodcat/capacitybuilding.pdf), [2001 Aug 4].

Ravallion M. Good and bad growth : the human development reports. **World Dev** 1997; 25: 631- 8.

Ribeiro H, Assunção JV. Historical overview of air pollution in São Paulo metropolitan area, Brazil: influence of mobile sources and related health effects.

In: **Urban transport VII – Urban transport and the environment in the 21st Century**. Southhampton : Wit Press; 2001. p. 351 – 60.

Romieu I. Epidemiological studies of the health effects of air pollution due to motor vehicles. In: Mage D, Zali O, editors. **Motor vehicle air pollution : Public health impact and control measures**. Geneva : World Health Organization and ECOTOX; 1992.

Saldiva PHN, Pope C, Schwartz J, Dockey DW, Lichtenfelds AJ, Salge JM, Barone I, Bohn GM. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil; **Arch Environ Health** 1995; 50:159-63.

[SEPLAN] Secretaria de Planejamento do Município de Jacareí; **Foto aérea** [arquivo eletrônico], Jacareí; 1998a. [escala 1:10000].

[SEPLAN] Secretaria de Planejamento do Município de Jacareí. **Mapa da Área Urbana de Jacareí** [arquivo eletrônico]. Jacareí; 1998b (escala 1:10000)

[SEPLAN] Secretaria de Planejamento do Município de Jacareí. **Plano viário do município de Jacareí**. Jacareí;1990. [relatório técnico]

[SEPLAN] Secretaria de Planejamento do Município de Jacareí; **Dados evolução urbana** [arquivo eletrônico], Jacareí; 2000a.

[SEPLAN] Secretaria de Planejamento do Município de Jacareí; **Histórico da evolução de Jacareí** [arquivo eletrônico], Jacareí; 2000b.

Serageldin I, Steer A, editors. **Making development sustainable: from concepts to action**. 1994. (Environmentally Sustainable Development Occasional Paper Series 2).

[SMA] Secretaria de Estado do Meio Ambiente; **Agenda 21 – Resumo : Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo; 1993.

[SOV] Secretaria de Obras e Viação do Município de Jacareí. **Dados Estatísticos de Contagem de Veículos nos anos 1998, 1999 2000**. Jacareí; 2000. [planilha de contagem de veículos para fins de planejamento viário]

[SVMA] Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo. **A questão ambiental urbana: Cidade de São Paulo**. São Paulo; 1993.

[UN] United Nations. **Critical Trends – Global Change and Sustainable Development**; 1997.

[UN] United Nations. **Indicators of sustainable development: Framework and core set**. Washington (DC); 2000.[Draft]

[UN] United Nations. Indicators of sustainable development: Framework and methodologies [on-line]. Washington (DC); 2001. Available from <URL: <http://www.un.org/Depts/unsd> [2001 Aug 4] [Background paper nº 3].

[UNEP] United Nations Environment Programme. **Understanding climate change: A beginner's guide to the UN Framework Convention and Its Kyoto Protocol**. Genebra; 1999.

[UNEP] United Nations Programme. **Human Development Report**. New York; 2001. Available from <URL <http://www.undp.org/hdr2001/hdi.pdf>> [2001 Aug 4].

[USEPA] United States Environmental Protection Agency. **Appendix W to Part 51 : Guideline on air quality models**. 2001. Available from <URL: http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw_01.pdf [2001 Jun 7].

[USEPA] United States Environmental Protection Agency. **Emission factors – AP42 – Section 13.2.1 : Miscellaneous sources** [CD ROM]; 2000.

[USEPA] United States Environmental Protection Agency. **Handbook for criteria pollutant inventory development : a beginner's guide for point and area sources** [CD ROM]. 1999c.

[USEPA] United States Environmental Protection Agency. **User's guide for the industrial source complex (ISC3) dispersion models, volume I - user instructions** [on line]; 1999b. Available from <URL: <http://www.epa.gov/scram001/userg/regmod/isc3v1.pdf>> [2001 Jun 7] [Publication Number : EPA 420 – R99 – 011].

[VCP] Votorantim Celulose e Papel. **Relatório ambiental preliminar da implantação do projeto P-2000 – Unidade de Jacareí – Relatório final N° 648/99-01-R02**. Jacareí; 1999. [elaborado por Grupo EPA – Engenharia de Projetos Ambientais S/C Ltda]

Verheij M, Pace W. **Renewing the spirit of Rio : A survey of successes and failures of the Commission on Sustainable Development**. International NGO Task Group on Legal and Institutional Matters; 1997.

[WEF] World Economic Forum. **Pilot environmental sustainable index**. Davos: Yale Center for Environmental Law and Policy; 2000.

[WHO] World Health Organization. **Air Quality Guidelines** [on-line]. Genebra; 1999. Available from <URL <http://www.who.int/peh/air/airindex.htm>>, [2001 Ago 4].

World Bank. **Expanding the measure of wealth - indicators of environmentally sustainable development**. Washington (DC); 1997.

World Bank. **Monitoring environmental progress: A report on work in progress**. Washington; 1995a.

World Bank. **World Development Report 1994**. Washington (DC); 1995b.