

Candido Bordeaux Rego Neto

A INTEGRAÇÃO DE GEOINDICADORES  
E REPARCELAMENTO DO SOLO  
NA GESTÃO AMBIENTAL URBANA

Tese apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito parcial para obtenção  
do grau de Doutor em  
Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Nelson Infanti Jr., Dr.

Florianópolis

2003

R343i Rego Neto, Candido Bordeaux  
A integração de geoindicadores e reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana / Candido Bordeaux Rego Neto; orientador, Nelson Infanti Jr. – Florianópolis, 2003.  
231 f. : il. , figs. , gráfs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.

Inclui bibliografia.

1. Geoindicadores. 2. Solo – Uso – Ilha de Santa Catarina (SC).  
3. Reparcelamento do solo. 4. Planejamento urbano. 5. Gestão ambiental.  
I. Infanti Jr., Nelson. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDU: 711.4

Candido Bordeaux Rego Neto

**A INTEGRAÇÃO DE GEOINDICADORES  
E REPARCELAMENTO DO SOLO  
NA GESTÃO AMBIENTAL URBANA**

Esta Tese foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Doutor em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 21 de março de 2003

---

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.  
Coordenador do Curso

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Nelson Infanti Jr., Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
**Orientador**

---

Prof. Ricardo Wagner ad-Víncula  
Veado, Dr.  
Universidade do Estado de Santa Catarina  
**Moderador**

---

Prof. Antônio Manoel dos Santos  
Oliveira, Dr.  
Universidade de Guarulhos

---

Prof. Francisco Caruso Gomes Jr., Dr.  
Universidade do Vale do Itajai

---

Prof<sup>a</sup>. Dora Orth, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof<sup>a</sup>. Sônia Afonso, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Ao meu pai, Emílio,  
principal motivador na realização deste trabalho.

## Agradecimentos

Ao meu orientador e amigo Prof. Nelson Infanti Jr. pelo apoio, confiança e competência;

Aos estimados professores da Banca de Qualificação, pelas ótimas sugestões e questionamentos, que auxiliaram na conclusão do trabalho de Tese;

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, pela transmissão de valiosos conhecimentos;

Ao brilhante Dr. Antony Berger, presidente da Initiative Geoinicators, pelas boas sugestões e doação de papers pertinentes;

Ao engenheiro Akira Nakanishi do Nagoya Urban Institute – NUI, coordenador técnico da Japan International Cooperation Agency – JICA, fundamental em meu aprendizado na técnica de reparcelamento do solo;

À Companhia de Saneamento do Estado de Santa Catarina – CASAN, pela cessão dos dados de hidrogeologia, da região nordeste da Ilha de Santa Catarina;

A Diretoria de Geografia, Cartografia e Estatística, da Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul, pela permissão para consulta e utilização de seu acervo de fotografias aéreas;

Aos meus queridos colegas da Prefeitura Municipal de Florianópolis, em especial aos técnicos do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF, pelas conversas e discussões que permitiram a evolução de minhas reflexões;

A JICA pela oportunidade que me deu de conhecer as técnicas de reparcelamento do solo no Japão;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

Algumas coisas, não é possível explicar, talvez até a maioria das coisas. É interessante pensar nelas e fazer alguma especulação, mas o principal é que se tem que aceitar as coisas como são, e seguir em frente com aquilo que se entende.

JIM DODGE. **Fup**. Tradução Marcos Santos. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira. 1984, 94p, p90.

A natureza para ser comandada deve ser obedecida

Francis Bacon, 1620

## RESUMO

REGO NETO, Candido Bordeaux. **A integração de geoindicadores e reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana.** Florianópolis, 2003. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2003.

A gestão ambiental, visando a longos períodos de tempo, necessita considerar o potencial de eventos inesperados. Incertezas sempre estão presentes, mas é preciso a construção de cenários prováveis, e para isso é fundamental a escolha de indicadores confiáveis.

O conceito de geoindicadores corresponde a mensurações de processos e fenômenos geológicos que ocorrem próximos ou na superfície da Terra, sujeitos a mudanças significativas em períodos de tempo menores que cem anos.

Cidades são a base para o desenvolvimento sustentável, visto que a maior parte da população mundial é urbana. A humanidade historicamente viveu próxima aos rios e oceanos, áreas normalmente sujeitas a rápidas e fortes mudanças ambientais.

Após a avaliação através de geoindicadores, os cenários ambientais futuros poderão apontar áreas que devam ser preservadas ou utilizadas com grandes restrições. Estas áreas em geral são propriedades privadas e muitas vezes são as mais valiosas, o que possivelmente acarretará a oposição de fortes atores sociais e econômicos à sua conservação.

Uma boa solução para este problema é o reparcelamento do solo, que consiste em um conjunto de técnicas participativas, utilizada de forma intensa em alguns países, com o propósito de melhorias na infra-estrutura urbana, além da otimização e da qualificação do uso do solo.

Esta tese se inicia com uma extensa fundamentação teórica, a seguir apresenta o conceito de geoindicadores e introduz as técnicas do reparcelamento do solo. O modelo proposto é testado em um estudo de caso hipotético, porém factível, em uma área situada no nordeste da Ilha de Santa Catarina, município de Florianópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil.

A pesquisa mostra que a integração de geoindicadores com o reparcelamento do solo, em áreas frágeis e / ou de forte dinâmica ambiental, permite o desenvolvimento urbano ético, por possibilitar o desenvolvimento econômico com equidade social e a infra-estrutura necessária, mantendo o ambiente natural saudável para as próximas gerações.

Palavras-chave: Geoindicadores; Reparcelamento do Solo; Gestão Ambiental Urbana.

## ABSTRACT

REGO NETO, Candido Bordeaux. **A integração de geoindicadores e reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana.** Florianópolis, 2003. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2003.

Environmental management, encompassing large spans of time, must take into account unexpected events and uncertainty, making the choice of right indicators an essential task for building future scenarios.

Geoindicators can be conceptualised as measures of geological processes and phenomena occurring on the soil surface or immediately below, which are subject to significant changes in periods smaller than a hundred years.

Sustainable development is focused in cities, where lives the majority of world population. Traditionally, mankind lived in cities near rivers and oceans, which are subject to quick and strong environmental changes.

Geoindicators make possible to evaluate future environmental scenarios for urban spaces, defining areas to be maintained without development or developed with greater restrictions. However, these areas are usually private propriety, and many times the most valuable for tourism or real state, generating strong opposition to their conservation.

The solution to this problem may be land readjustment, which is a set of public participation techniques for re-parcelling land, used intensively in many countries on the far east to achieve betterment of urban infrastructure, optimisation and qualification of land use.

This thesis starts with extensive theoretical foundation and then shows the concept of geoindicators and introduce techniques to land readjustment. The model proposed was submitted to a test in a hypothetical study on the north-eastern of Santa Catarina Island, City of Florianópolis, Santa Catarina State, Brazil.

The work also shows that the integration of geoindicators with land readjustment in fragile areas and/or with strong dynamic environment permits an ethic urban development, because it allows economic development with social equity and correct infrastructure, thus maintaining the environment healthy and safe for the next generations.

**Key-words:** Geoindicators; Land Readjustment; Urban Environmental Management.



# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>p</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>p</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>p15</b>
1.1 Justificativa.....	p15
1.2 Objetivos.....	p18
1.3 Elementos originais do modelo proposto.....	p19
1.4 Metodologia e estrutura do trabalho.....	p21
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>p23</b>
2.1 Meio ambiente e interdisciplinaridade.....	p23
2.2 Riscos e incertezas.....	p34
2.3 Desenvolvimento sustentável.....	p43
2.4 Indicadores de sustentabilidade.....	p54
2.5 Desenvolvimento urbano e sustentabilidade.....	p61
2.6 Planejamento ambiental e urbano.....	p73
2.7 Legislação ambiental e urbana.....	p96
<b>3 GEOINDICADORES.....</b>	<b>p100</b>
3.1 Geodinâmica terrestre.....	p100
3.2 Modelos geológicos.....	p102
3.3 Geoindicadores.....	p103
3.4 Geoindicadores no planejamento ambiental e urbano.....	p110
<b>4 REPARCELAMENTO DO SOLO.....</b>	<b>p111</b>
4.1 Histórico do reparcelamento do solo.....	p111
4.2 Comparação com o método de desapropriação.....	p115
4.3 Técnica do reparcelamento do solo.....	p118
4.4 Reparcelamento do solo no Japão (KUKAKU-SEIRI).....	p121
4.5 Perspectiva do reparcelamento do solo no Brasil.....	p127

<b>5</b>	<b>A INTEGRAÇÃO DE GEOINDICADORES E REPARCELAMENTO DO SOLO.....</b>	<b>p128</b>
5.1	O modelo.....	p128
5.2	Estudo de caso.....	p132
5.2.1	A escolha da área.....	p132
5.2.2	Localização.....	p134
5.2.3	Características da área.....	p137
5.2.4	Geoindicadores.....	p151
5.2.5	Reparcelamento do solo.....	p176
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>p185</b>
6.1	Atendimento aos Objetivos Propostos.....	p185
6.2	Contribuição Científica.....	p187
6.3	Sugestões para Próximos Trabalhos.....	p188
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>p189</b>

## **APÊNDICES**

APÊNDICE 1	The integration of geoindicators and land readjustment for sustainable development (Rego Neto, 2002).....	p200
APÊNDICE 2	The need of utilization of geoindicators in the planning and territorial management of northeastern aquifer at Santa Catarina Island, Brazil (Rego Neto & Infanti Jr, 2002).....	p201

## **ANEXOS**

ANEXO 1	Land Readjustment Law, Kukaku-Seiri (NUI, 2001).....	p213
ANEXO 2	Groundwater level (Berger, 1996).....	p218
ANEXO 3	Groundwater quality (Berger, 1996).....	p220
ANEXO 4	Relative sea level (Berger, 1996).....	p224
ANEXO 5	Dune formation and reactivation (Berger, 1996).....	p227
ANEXO 6	Shoreline position (Berger, 1996).....	p229

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Domínios de atividade e pesquisa científica no ecossistema humano (REDMAN, 1999).....p26
- Figura 2: Relações entre macroindicadores condicionantes do ordenamento ecológico paisagístico (SANCHES, 1995).....p31
- Figura 3: Esquema básico de interpretação de estrutura da qualidade ecológica - ambiental de paisagens naturais e culturais (SANCHES, 1995).....p32
- Figura 4: A tradicional percepção do papel das instituições científicas na sociedade (PAHL-WOSTL, 1995).....p38
- Figura 5: Novo modelo proposto para o papel das instituições científicas na sociedade (PAHL-WOSTL, 1995).....p38
- Figura 6: Estrutura do desenvolvimento sustentável (SALSBERG, 1998).....p45
- Figura 7: Representação gráfica dos conflitos entre os objetivos de crescimento econômico, equidade e sustentabilidade (NIJKAMP, 1990).....p46
- Figura 8: O conceito de tensor de interações de um projeto ambiental (NOVILLO, 1995).....p47
- Figura 9: Modelagem ambiental LUCAS (BERRY, 1996).....p74
- Figura 10: Interação entre hardware, software e heartware (HARASHINA, 1996).....p75
- Figura 11: Modelo de metabolismo estendido para assentamentos humanos (NEWMAN & KENWORTHY, 1999).....p81
- Figura 12: Projetos de reparcelamento do solo no Mundo (CITY BUREAU, 2000).....p111
- Figura 13: Possibilidades de desenvolvimento urbano (NUI, 2001).....p115
- Figura 14: Efeitos do reparcelamento do solo, comparado com o método de desapropriação (NUI, 2001).....p116
- Figura 15: Reparcelamento do solo, método para realizar planos de desenvolvimento (NUI, 2001) .....p118
- Figura 16: Estrutura de projetos de reparcelamento do solo (NAGOYA, 1997).....p119
- Figura 17: Distribuição dos benefícios (NUI, 2001).....p120

Figura 18: Desenvolvimento de Nova Cidade – KAIATA, Prefeitura de Chiba (CITY BUREAU, 2000).....	p123
Figura 19: Prevenção de Urbanização Desordenada – NAKA-MAEZAWA, Prefeitura de Toyama (CITY BUREAU, 2000).....	p123
Figura 20: Renovação Urbana – SENDAI, Prefeitura de Miyagi (CITY BUREAU, 2000).....	p124
Figura 21: Desenvolvimento de Centro Urbano – KOBE, Prefeitura de Hyogo (CITY BUREAU, 2000).....	p124
Figura 22: Reconstrução Urbana – HIROSHIMA (CITY BUREAU, 2000).....	p125
Figura 23: Desenvolvimento urbano ético.....	p129
Figura 24: Esquema de desenvolvimento urbano ético em áreas frágeis e / ou de forte dinâmica ambiental.....	p131
Figura 25: Mapa de Situação.....	p134
Figura 26: Mapa de localização.....	p135
Figura 27: Foto aérea oblíqua mostrando a área de estudo.....	p136
Figura 28: Mapa de Unidades Geotécnicas (SANTOS, 1997).....	p139
Figura 29: Mapa de vegetação (COURA NETO, 1997).....	p143
Figura 30: Mapa de Macrozoneamento.....	p146
Figura 31: Evolução da ocupação 1957-1998.....	p148
Figura 32: Curva de variação do nível relativo do mar dos últimos 7.000 anos para a região costeira de Santa Catarina, trecho Itajaí – Laguna (MARTIN & SUGUIO, 1986).....	p154
Figura 33: Geoindicadores relacionados à exploração e à contaminação da água subterrânea (KLIMAS & GREGORAUSKAS, 2002).....	p155
Figura 34: Cunha salina a 7,5m de profundidade (CPRM, 1996).....	p158
Figura 35: Profundidade do topo da zona saturada (CPRM, 1996).....	p159
Figura 36: Espessura do aquífero (CPRM, 1996).....	p160
Figura 37: Direção do fluxo das águas subterrâneas (CPRM, 1996).....	p161
Figura 38: Fotos da frente de dunas da Rua do Siri (38- a ,b ,c e d).....	p165/166
Figura 39: Evolução da movimentação da frente de dunas da Rua do Siri.....	p168

Figura 40: Fotos da Praia dos Ingleses, setor centro-sul (40- a, b, c e d).....	p172/173
Figura 41: Evolução da movimentação da frente da Praia dos Ingleses.....	p175
Figura 42: Proposta de reparcelamento do solo em Rio Vermelho.....	p177
Figura 43: Proposta de reparcelamento do solo na Rua do Siri (43- a e b).....	p180/181
Figura 44: Proposta de reparcelamento do solo na Praia dos Ingleses (44- a e b).....	p183/184

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Papel da pesquisa ecológica no gerenciamento ambiental (PAHL-WOSTL, 1995).....	p37
Quadro 2: Classificação de ações contra o risco geológico (MCCALL, 1992).....	p41
Quadro 3: Lista de conferência 1 (SUSTAINABLE MEASURES, 2000).....	p58
Quadro 4: Lista de conferência 2 (MAUREEN HART, 1997).....	p60
Quadro 5: Recursos, processos e efeitos dos ecossistemas urbanos (UNEP-IETC, 2002).....	p62
Quadro 6: Sumário de diretrizes ecológicas para o desenvolvimento urbano sustentável (HAUGHTON & HUNTER, 1994).....	p68
Quadro 7: Sumário de diretrizes econômicas e sociais para o desenvolvimento urbano sustentável (HAUGHTON & HUNTER, 1994).....	p69
Quadro 8: Sumário dos princípios do guia de gerenciamento para o desenvolvimento urbano sustentável (HAUGHTON & HUNTER, 1994).....	p70
Quadro 9: Características do projeto ecológico e do projeto convencional (VAN DER RYN & COWAN, 1996).....	p86
Quadro 10: Matriz de indicadores (KLINE, 1997).....	p92
Quadro 11: Sumário do padrão dos geoindicadores na lista de checagem (BERGER, 1997).....	p104
Quadro 12: Lista de geoindicadores (BERGER, 1997).....	p105
Quadro 13: Influência relativa nos geoindicadores das tensões humanas e das forças naturais (BERGER, 1998).....	p109
Quadro 14: Tipos e características de implantação de reparcelamento do solo no Japão (CITY BUREAU, 2000).....	p126
Quadro 15: Taxa geométrica de crescimento Distrito de Ingleses e São João do Rio Vermelho/Município de Florianópolis (IBGE. 1980/1991/2000).....	p147
Quadro 16: Geoindicadores pertinentes ao estudo de caso classificados de acordo com a Agenda 21 e outras relações (BERGER, 1996).....	p152.
Quadro 17: Zona proibida à urbanização desde a linha de costa (SORENSEN apud MUÑOZ, 1997).....	p170
Quadro 18: Tábua das marés de Florianópolis em 31/1/2003 (DC, 2003).....	p171
Quadro 19: Relação entre os objetivos específicos e os resultados alcançados.....	p186

# 1 INTRODUÇÃO

Nós vivemos até agora na suposição de que o que era bom para nós era bom para o mundo. Foi um engano. Precisamos alterar nossa existência de modo que seja possível viver com a convicção contrária, de que o que é bom para o mundo há de ser bom para nós. E isso exige que nos esforcemos para conhecer o mundo e aprender o que é bom para ele. Temos de aprender a colaborar com seus processos e compreender os seus limites. Porém, o que é ainda mais importante, devemos aprender a reconhecer que a criação é cheia de mistério; nunca a entenderemos claramente. Devemos abandonar a arrogância e respeitar. Temos de recobrar o sentido da majestade da criação e a capacidade de honrar sua presença. Pois só nas condições de humildade e reverência perante o mundo é que a nossa espécie será capaz de permanecer nele.

HAWKEN, P.; LOVINS, A. & LOVINS, L. H. **Capitalismo Natural**. Criando a próxima revolução industrial. São Paulo: Cultrix, 1999. (Série Amana-Key), 358p, p.xviii (citando Wendell Berry).

## 1.1 Justificativa

Observar as mudanças ambientais no presente, levando em consideração as ocorridas no passado, não é suficiente para o entendimento e o gerenciamento ambiental visando ao desenvolvimento sustentável, mas pode oferecer subsídios necessários a este empreendimento. Neste sentido, o conceito de **geoindicadores**, fornecendo tendências de mudanças ambientais rápidas, em comparação ao tempo geológico, é muito importante e deve ser considerado no planejamento e na gestão ambiental e urbana.

A Terra atualmente sofre transformações também pela ação do homem, mas sempre sofreu grandes transformações por forças naturais. Os geólogos descrevem a Terra como um fluxo constante, e a humanidade atualmente é o principal agente modificador de sua superfície.

Nos quatro bilhões de anos da história da biota terrestre o ambiente mudou dramaticamente, porém, provavelmente, os ecossistemas raramente experimentaram mudanças nas taxas atuais. Além disso, mudanças como a extrema fragmentação de ecossistemas e certos tipos de poluição não têm precedentes na história evolutiva do planeta. A rapidez das mudanças e o caráter moderno de muitos impactos humanos apresentam desafios especiais na gerência da sustentabilidade dos ecossistemas.

Para o entendimento de mudanças ambientais, nas quais a ação humana induz a diversos efeitos ambientais, é necessária uma ampla cooperação interdisciplinar das Ciências Sociais e Naturais. A sociedade é um sistema tão complexo como a natureza, e a sobreposição multiplica as dificuldades.

Alguns dos problemas do gerenciamento visando ao desenvolvimento sustentável provêm desta realidade, sistemas naturais oscilam de maneira que os administradores muitas vezes não podem prever. Se os processos naturais não são ainda previstos com segurança, as ações sociais que causam alterações na natureza dos recursos naturais, conseqüentemente na sustentabilidade de seu uso e valor, são também bastante imprevisíveis.

As cidades historicamente floresceram e expandiram-se em ecossistemas frágeis, como nos vales dos grandes rios e principalmente em zonas costeiras, que são, portanto, as regiões mais valorizadas. Segundo o World Resources Institute (1997), aproximadamente quarenta por cento das cidades de mais de quinhentos mil habitantes estão situadas na zona costeira, e cerca de sessenta por cento da população mundial vive a menos de cem quilômetros da costa.

Segundo a UNESCO (1997), entre os meios frágeis, as zonas costeiras requerem atenção especial, tanto no planejamento do território quanto na utilização dos recursos naturais disponíveis, e na gestão e no desenvolvimento dos centros urbanos, tendo em vista as previsões demográficas e das migrações, segundo as quais, em 2025, 75% da população mundial viverá a menos de 60 km do mar.



Estratégias adequadas devem ser previstas a fim de equilibrar e harmonizar o desenvolvimento de ocupações humanas nessas regiões, para evitar o crescimento desordenado das cidades costeiras, a poluição do meio ambiente marinho e dos recursos de água.

A técnica de **reparcelamento do solo** é utilizada em muitos países, principalmente para corrigir problemas de infra-estrutura de forma integrada e em programas de planejamento e desenvolvimento urbano. As principais características são a participação comunitária, a aplicação imparcial e a distribuição justa dos benefícios.

A integração do conceito de geindicadores com as técnicas do reparcelamento do solo pode ser a chave para a gestão ambiental urbana, principalmente em áreas frágeis e/ou de forte dinâmica ambiental.

## 1.2 Objetivos

### Geral

- Desenvolver uma proposta técnica de gestão ambiental urbana em áreas frágeis e/ou de forte dinâmica ambiental.

### Específicos

- Propor a utilização de geoindicadores na gestão ambiental urbana.
- Validar o uso da técnica do reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana.
- Elaborar um modelo de integração de dados sociais, econômicos e ambientais.
- Realizar estudo de caso.

### **1.3 Elementos originais da tese**

A integração de dados sociais, econômicos e ambientais está em sua infância. Várias tentativas de esforços interdisciplinares vêm sendo feitas, mas as dificuldades de quantificar e mesmo qualificar informações tão díspares fazem desta procura um grande desafio aos cientistas e cidadãos preocupados com o desenvolvimento sustentado da humanidade.

Nesta busca se ressalta a importância das cidades, onde vive a maior parte da população mundial, e os conflitos entre a civilização e o ambiente natural são mais atuantes.

Entre os meses de janeiro a março de 2001, o autor desta tese participou no Japão do curso “Land Readjustment” promovido pela Japan International Cooperation Agency – JICA e pelo Nagoya Urban Institute – NUI. Nesse curso teve a oportunidade de conhecer as técnicas participativas de reparcelamento do solo, nas quais a comunidade contribui com parte de sua propriedade e na escolha de seu futuro. Estas técnicas são muito utilizadas nesse país, onde, por exemplo, a cidade de Nagoya sofreu intervenção deste tipo em cerca de 70% de seu território.

O curso despertou o interesse do autor para a utilização destas técnicas na preservação de recursos e para a conservação ambiental. Em contatos com órgãos do governo japonês, prefeituras, empresas de consultoria e professores do curso, o autor insistiu nesta idéia, e ficou claro que, até aquele momento, as técnicas de reparcelamento do solo só foram utilizadas para melhorias da infra-estrutura urbana e na otimização do uso do solo.

O conceito de geoindicadores é recente. Em 1992, foi criado um grupo de trabalho pela União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS), que, em 1996, concluiu uma lista de checagem com 27 indicadores de rápidas mudanças ambientais, importantes em áreas frágeis e com fortes dinâmicas ambientais. Os

bons resultados iniciais promoveram, em 1999, este grupo de trabalho, com o objetivo de difundir este conceito e mostrar suas potencialidades de utilização.

Em agosto de 2002, realizou-se em Córdoba – Argentina um “Geoindicators Workshop” com a presença dos principais membros no desenvolvimento deste conceito. Neste encontro o autor da tese apresentou o trabalho “The Integration of Geoindicators and Land Readjustment for Sustainable Development” (Apêndice 1). O Dr. Antony Berger, principal criador do conceito e presidente da Iniciativa Geoindicadores, deu grande incentivo nesta tentativa de integração de dados socioeconômicos com dados ambientais, visando à gestão ambiental urbana.

A integração do conceito de geoindicadores, que aponta na direção das mudanças ambientais, com as técnicas do reparcelamento do solo, que busca o melhor uso urbano do solo, constitui uma nova metodologia na busca de conciliar o desenvolvimento social e econômico de uma comunidade com a dinâmica ambiental regional.

## 1.4 Metodologia e estrutura do trabalho

A partir da fundamentação teórica, que é a base de reflexão da pesquisa, tenta-se criar uma nova forma de integração de dados sociais, econômicos e ambientais, ressaltando-se a importância do meio ambiente como fundamento para qualquer modelo de desenvolvimento urbano ético.

É proposto um esquema de desenvolvimento urbano ético em áreas frágeis e/ou de forte dinâmica ambiental, baseado no planejamento interdisciplinar e na participação comunitária, no qual o conceito de geoindicadores e as técnicas de parcelamento do solo estabelecerão o desenvolvimento urbano mais apropriado.

Para validação desta proposta metodológica foi realizado um estudo de caso hipotético, porém factível. Um projeto desta natureza, além de envolver uma grande equipe de planejamento ambiental e urbano, exigiria um tempo de negociação social e econômica bem superior ao de elaboração de uma tese.

A área escolhida está localizada nos distritos de São João do Rio Vermelho e de Ingleses do Rio Vermelho, município de Florianópolis – SC. A urbanização desordenada, numa região que tem um importante aquífero que serve de abastecimento público para grande parte deste município, poderá inviabilizá-lo no futuro se não forem tomadas as medidas necessárias. Esta área mostra também dunas se movendo sobre áreas atualmente ocupadas, principalmente por habitações de baixa renda; e abrasão marinha numa das praias de maior potencial para o turismo, que é considerada a atividade econômica mais importante do município.

O trabalho de tese está estruturado em seis capítulos:

- neste capítulo introdutório são apresentadas as considerações iniciais sobre o trabalho, as justificativas, os objetivos (geral e específicos), os elementos originais do modelo proposto, a metodologia e a estrutura do trabalho;
- o Capítulo 2 mostra uma revisão bibliográfica, que configura a fundamentação teórica da tese;

- o Capítulo 3 apresenta o conceito de geoindicadores;
- o Capítulo 4 introduz as técnicas de reparcelamento do solo;
- o Capítulo 5 apresenta a proposta de integração de geoindicadores e reparcelamento do solo, e o estudo de caso;
- o Capítulo 6 resume as conclusões sobre os resultados oriundos da pesquisa, assim como sugestões para próximos trabalhos;
- Na seqüência estão as Referências Bibliográficas, os Apêndices e os Anexos.

A apresentação gráfica do relatório de pesquisa emprega a seqüência e as normas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, elaboradas por Silva & Menezes (2001).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ciência é antes um modo de pensar do que propriamente um conjunto de conhecimentos. Seu objetivo é compreender de que forma o mundo funciona, procurar as regularidades que possam existir, penetrar nas conexões das coisas, desde as partículas subnucleares, que talvez sejam as componentes de toda a matéria, até os organismos vivos e a comunidade humana, e daí ao cosmo como um todo.... A ciência é baseada na experimentação, na disposição de desafiar velhos dogmas, numa abertura para ver o universo como ele realmente é. Nesse pressuposto, a ciência muitas vezes requer coragem – pelo menos a coragem de questionar a sabedoria convencional.

SAGAN, C. **O Romance da Ciência**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982. (Coleção Ciência), 345p, p27.

### 2.1 Meio ambiente e interdisciplinaridade

Segundo ESA (2000), as imagens do homem como senhores e mestres, administradores, protetores ou destruidores da natureza têm suas limitações. No fim do espectro do debate atual estão os puristas do deserto, que parecem acreditar que toda a administração é ruim e o melhor que se pode fazer para os ecossistemas naturais é deixá-los isolados, ignorando o fato de que a maioria dos ecossistemas já foram alterados substancialmente por ações humanas e foram retirados e isolados de seus contextos ecológicos. No outro extremo estão os que acreditam que as ações humanas geralmente melhoram a natureza e que nenhuma área deveria ter impedidas intensivas atividades humanas. Uma visão cientificamente ampla e defensável necessita ser criada ainda, mas certamente estará entre estes dois pólos.

Para o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano a transformação da natureza é inevitável. A decisão sobre quanta transformação se deve permitir depende do estabelecimento de critérios sobre que tipo de transformação é ou não conveniente. Tal forma de conceber a transformação serve para colocar o ser humano e suas ações como componentes intrínsecos ao ambiente, e não dissociá-lo tratando-o somente como um elemento externo perturbador.

Como afirmado por MacDonald (1998), na década de 1950 o termo *ambiente* denotava condições limitadas ao espaço de moradia e trabalho. Nos anos seguintes o conceito evoluiu, passando a incluir as complexas interações entre as atividades do homem e os componentes do meio ambiente natural. O conceito moderno de ambiente engloba preocupações ecológicas, econômicas, estéticas e éticas.

Segundo Daily & Ehrlich (1999), atualmente o maior problema da Ecologia é estabelecer bases científicas para produzir atividades humanas ecologicamente sustentáveis. São raras as tentativas sistemáticas, devido ao desafio de agregar disciplinas não dominadas pelos ecologistas.

Para Gosz (1999), a Ecologia atualmente reconhece o meio ambiente como:

- **complexo** – múltiplos fatores interativos estão envolvidos nos processos ecológicos;
- **dinâmico** – os fatores variam permanentemente de maneira complexa;
- **espacialmente variável** – heterogêneo, podendo apresentar modelos diferentes em escalas diferentes;
- **biologicamente diverso** – interação complexa de milhares de espécies; e,
- **física-química-biológica-social-economicamente controlado** – requer esforços interdisciplinares para compreensão dos processos e modelos ecológicos.

Os mais críticos problemas do mundo envolvem interações entre o homem e a natureza, com suas implicações na qualidade ambiental e na sustentabilidade dos recursos e dos ecossistemas. Esses problemas são complexos, e somente os esforços conjuntos das Ciências Sociais e Naturais poderão render verdadeiras soluções. Segundo Wear (1999), a grande dificuldade da comunicação interdisciplinar é que cada disciplina tem seu dialeto e, muitas vezes, as expressões comuns têm significados diferentes.

Para o gerenciamento sustentável dos recursos naturais é necessário compreender o ambiente em seus múltiplos fatores de controle, através de estudos



de longa duração, múltiplas escalas espaciais, espécies interagindo de modo complexo e interações interdisciplinares.

A complexidade, a dinâmica, a diversidade e a heterogeneidade do ambiente não são geralmente apresentadas nos artigos científicos. Normalmente estes representam somente partes do ambiente no tempo e no espaço, dificultando a integração dos resultados discrepantes para o entendimento de determinado ambiente.

Pesquisas de curta duração podem prover resultados enganosos, devido à variação significativa do meio ambiente no tempo. É difícil sintetizar resultados de pesquisas de poucos anos para entender a dinâmica ambiental natural, que deve ser entendida como de longa duração.

A maioria dos experimentos ecológicos envolvem isolamento e manipulação de pequenas partes de determinado ecossistema; os resultados são extrapolados para todo ecossistema e, freqüentemente, apresentam conclusões errôneas sobre comunidades e processos ecológicos.

Apesar de milhares de espécies estarem envolvidas nos processos ecológicos, normalmente as pesquisas ecológicas são realizadas com uma ou duas espécies de cada vez, tornando difícil sua utilização no gerenciamento ambiental.

Os estudos são realizados geralmente em cada disciplina específica, não apresentando a interdisciplinaridade necessária para o entendimento do meio ambiente. A interação entre várias disciplinas permite conduzir ao desenvolvimento de teorias, a novas técnicas e ao manejo do meio ambiente. Pesquisas de longa duração, com estudos intensivos de muitas disciplinas individuais que trabalham na mesma área ao mesmo tempo, facilitam a integração da informação. Os dados desenvolvidos por estes estudos podem ser, efetivamente, gerenciados e arquivados para o uso de outros cientistas. Duas características são fundamentais para o pleno sucesso de pesquisas integradas: organização dos trabalhos e gerenciamento da informação.

Segundo Spooner (1984), a Ecologia tem três dimensões de significado:

1. a dimensão natural – atenta para as relações sistêmicas que compõem a realidade natural;
2. a dimensão social ou política – diferentes referências sociais, de acordo com a posição de um determinado ator em relação aos outros, em um ecossistema no qual todos manobram por vantagens ou poder; e,
3. a dimensão cultural ou ideológica – coloca valor qualitativo e simbólico.

Segundo Redman (1999), há uma tendência em dividir a ciência ambiental em quatro domínios: biótico, humano, geológico e construído (Fig.1). Apesar desta divisão, os cientistas reconhecem que estes assuntos são bastante amplos para serem tratados por somente um domínio isolado dos outros. As interações entre o homem e o ambiente são vistas normalmente de forma diferente por cada disciplina. Deve-se tentar, apesar de grandes dificuldades, construir inovações científicas para melhor compreender as ligações entre a Biologia, a Engenharia, as Ciências da Terra e as Ciências Sociais. Reconhecer que os ecossistemas são afetados por fatores biológicos, geológicos (incluindo clima) e humanos (sociais e engenharia) é o primeiro passo no processo de integração.

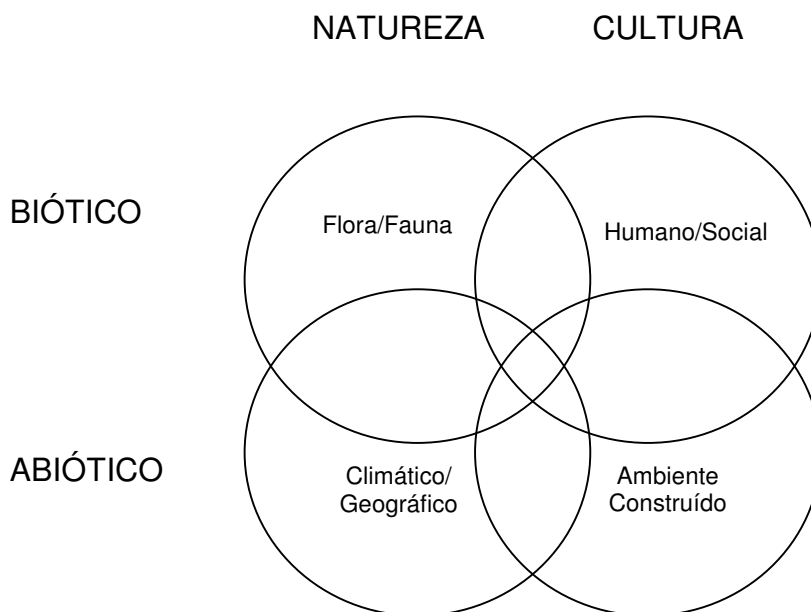


Figura 1 – Domínios de atividade e pesquisa científica no ecossistema humano.

Fonte: Redman (1999)

A chave da pesquisa interdisciplinar é que o trabalho cooperativo somente terá sucesso se, na busca de soluções, cada membro da equipe obtiver progresso pela presença do outro. É reconhecido que o tradicional isolamento das disciplinas não é fácil de superar, mas o resultado esperado é muito importante, e a alternativa de manter o status quo é inaceitável.

A interdisciplinaridade induz a uma ciência negociada com o setor político e engajada com o público. Isto porque o entendimento da sociedade é vital para conduzir a ciência sob condições de grandes incertezas, conflito de valores e ambigüidade de dados. Interdisciplinaridade não trata somente de teorias e disciplinas mais integradas. Como também é aplicada ao estilo de pesquisa, em termos de ser mais consultiva, proativa e participativa, deve também ser sensível ao cenário institucional em que a pesquisa e a análise são conduzidas (O'RIORDAN, 1995).

A interface dos sistemas naturais e humanos envolve o entendimento dos vínculos e interações que explicam o modo como as atividades humanas enredam com os sistemas ambientais. A compreensão desta interface, para uma boa intervenção ou simbiose harmônica, é a única maneira de gerar o conhecimento necessário para formulação de políticas sólidas, com o objetivo de um futuro seguro para a natureza e o gênero humano.

As características comuns aos sistemas, segundo White et alli (1992), são as seguintes:

1. todos os sistemas têm alguma estrutura ou organização;
2. todos são até certo ponto generalizações, abstrações ou idealizações;
3. todos são função de alguma maneira;
4. têm relações tanto funcionais como estruturais entre as unidades;
5. função implica fluxo e transferência de algum material;
6. função requer a presença de alguma força motriz ou fonte de energia;
7. todos os sistemas mostram algum grau de integração.

Segundo Naredo (1999), o funcionamento milenar da biosfera oferece um exemplo de modelo de sistema que se comporta de modo globalmente sustentável, além do fenômeno da fotossíntese, que possibilitou este comportamento. As transformações de materiais e energia que se operam no caso da fotossíntese resultam em exemplo com vistas a uma gestão sustentável dos recursos dos seguintes pontos de vista:

- a energia necessária para construir ou produzir (somando complexidade às conexões que ligam os elementos disponíveis) procede de uma fonte que, na escala humana, pode ser considerada inesgotável, assegurando a continuidade do processo, uma vez que tal utilização não supõe aumento adicional da entropia (desordem) na Terra;
- os convertedores (as plantas verdes) que permitem a transformação da energia solar em energia de conexão se produzem utilizando essa mesma fonte de energia renovável;
- o processo de construção se apóia fundamentalmente em substâncias muito abundantes na Terra;
- os resíduos vegetais, originados por um processo de decomposição natural, se convertem em fonte de fertilidade dos solos, fechando o ciclo de materiais vinculados ao processo.

Os ecossistemas são sistemas abertos que requerem energia exterior para a manutenção da sua estrutura e permanência. Sem energia suficiente, o sistema se degrada. Características especiais dos ecossistemas urbanos são o volume de energia fora dos organismos vivos (a energia que faz funcionar o sistema) e a enorme mobilidade horizontal que permite explorar outros ecossistemas a pequenas e grandes distâncias. Outra característica das cidades é a grande complexidade enriquecida com a inclusão de grande quantidade de artefatos culturais portadores de informação.

Buscar a minimização da entropia ao mesmo tempo em que maximizamos a complexidade de nossos sistemas urbanos, maximizando a entropia que convertamos em informação, obriga a requalificar os intercâmbios, a reconceitualizar muitas variáveis e a valorizar outras com o objetivo de aumentar a capacidade de

antecipação do sistema. O sistema econômico, e também o intercâmbio de bens, teria que acomodar seus instrumentos visando o máximo aproveitamento dos recursos e minimizar (em quantidade e periculosidade) os resíduos, ao mesmo tempo em que a energia de transformação se faz depender cada vez mais da radiação solar (única fonte que não aumenta a entropia do planeta). O aproveitamento máximo dos recursos e a minimização de resíduos à escala local devem estabelecer um grau de exploração máximo dos sistemas naturais e agrícolas, respeitando sua permanência no tempo.

Segundo Pickett et ali (1999), para a conexão entre comunidade, paisagem e ecossistema é fundamental considerar que os sistemas ecológicos antropizados têm as seguintes características:

1. os sistemas nunca são fechados nem auto-suficientes;
2. os sistemas não são auto-regulados;
3. ponto de equilíbrio estável é raro, embora alguns sistemas com tamanho e duração suficientes possam exibir freqüência estável na distribuição de seu estado;
4. mudanças raramente são deterministas. Os sistemas são aleatórios e as condições futuras têm variados níveis de probabilidades;
5. perturbações são componentes comuns dos sistemas, ainda que alguns distúrbios não sejam freqüentes na escala de vida humana;
6. os sistemas são autoconscientes, e informações não genéticas representam um importante papel em sistemas dinâmicos. O homem tem a habilidade de desenvolver e comunicar descrições da realidade atual e o conhecimento das causas e efeitos entre si.

O estudo integrado dos recursos naturais exige visualizar e delimitar um marco de referência espacial. A idéia de paisagem permite definir cenários concretos que impliquem uma associação de geoformas, regimes de umidade e temperatura, comunidades de plantas e animais, solos e modelo de drenagem superficial e interna, interagindo em um âmbito territorial onde ocorrem processos físicos e biológicos que são específicos dessa unidade espacial.

A ocupação e o desenvolvimento da paisagem natural pelo homem modificam sua estrutura e sua dinâmica. A paisagem que sofreu intervenção pelo homem, ou paisagem cultural, incorpora a dinâmica socioeconômica dentro de um contexto espacial relativamente específico quanto às suas restrições e vantagens ecológicas (potencial de uso sustentado dos recursos naturais).

Segundo Sanches (1995), ao estudo integrado dos recursos naturais sucede a análise global das relações entre os componentes da paisagem natural e as intervenções humanas. Na Figura 2 pode ser observado um esquema onde se indicam relações entre macroindicadores ambientais que condicionam a análise integrada dos sistemas paisagísticos.

Na Figura 3 pode ser apreciado um esquema básico de análise integrada dos recursos naturais renováveis com fins de ordenamento ecológico-ambiental, que é a meta central do processo de planejamento. O êxito em sua implementação dependerá do dimensionamento dos aspectos dinâmicos que fazem a estrutura e o funcionamento do território, e dependerá fundamentalmente da participação de todos os setores da comunidade que estão afetos na sua dinâmica. Finalmente, dependerá de um consenso interdisciplinar, interinstitucional e interjurisdicional.

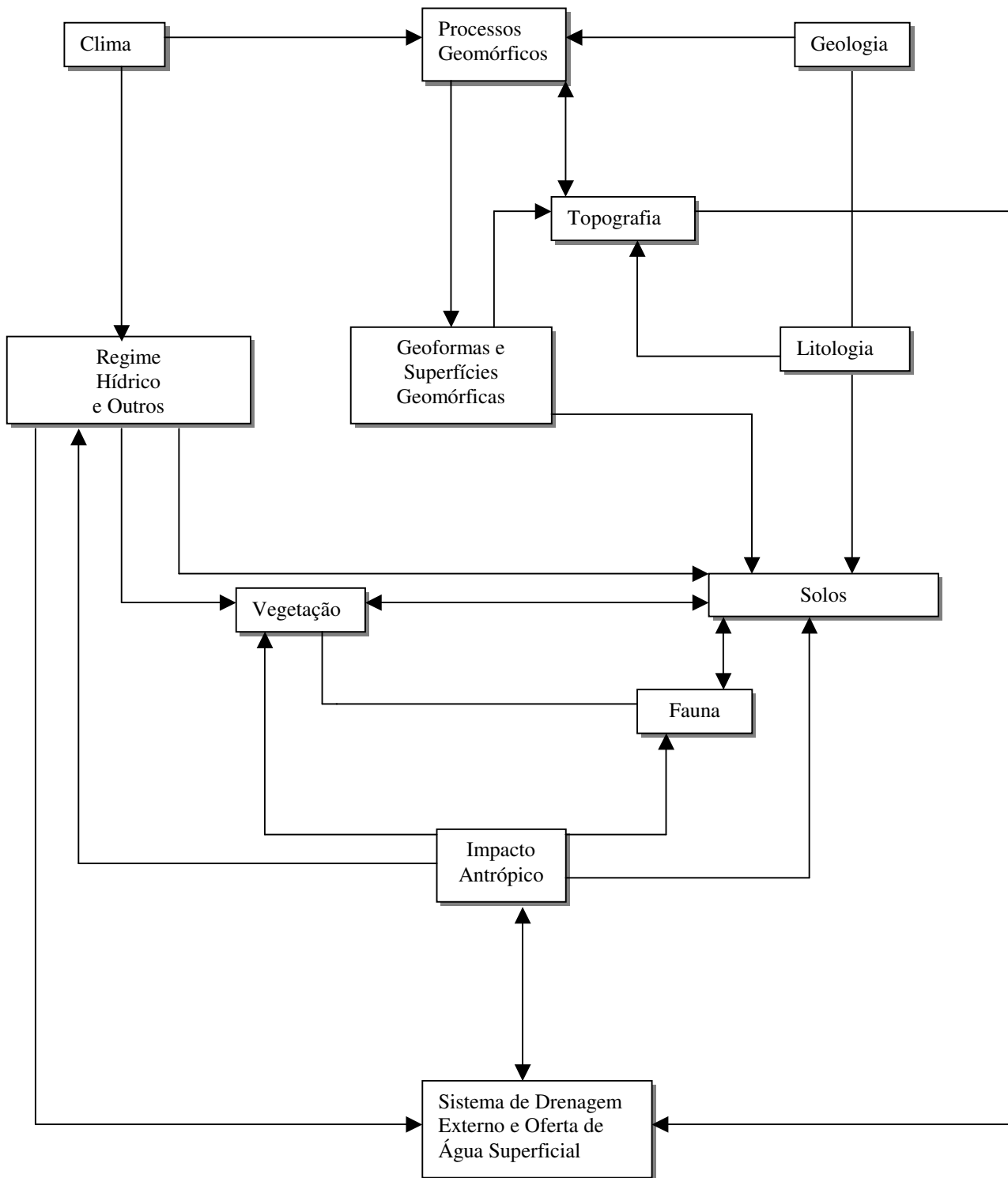


Figura 2 – Relações entre macroindicadores condicionantes do ordenamento ecológico paisagístico.

Fonte: Sanchez (1995)

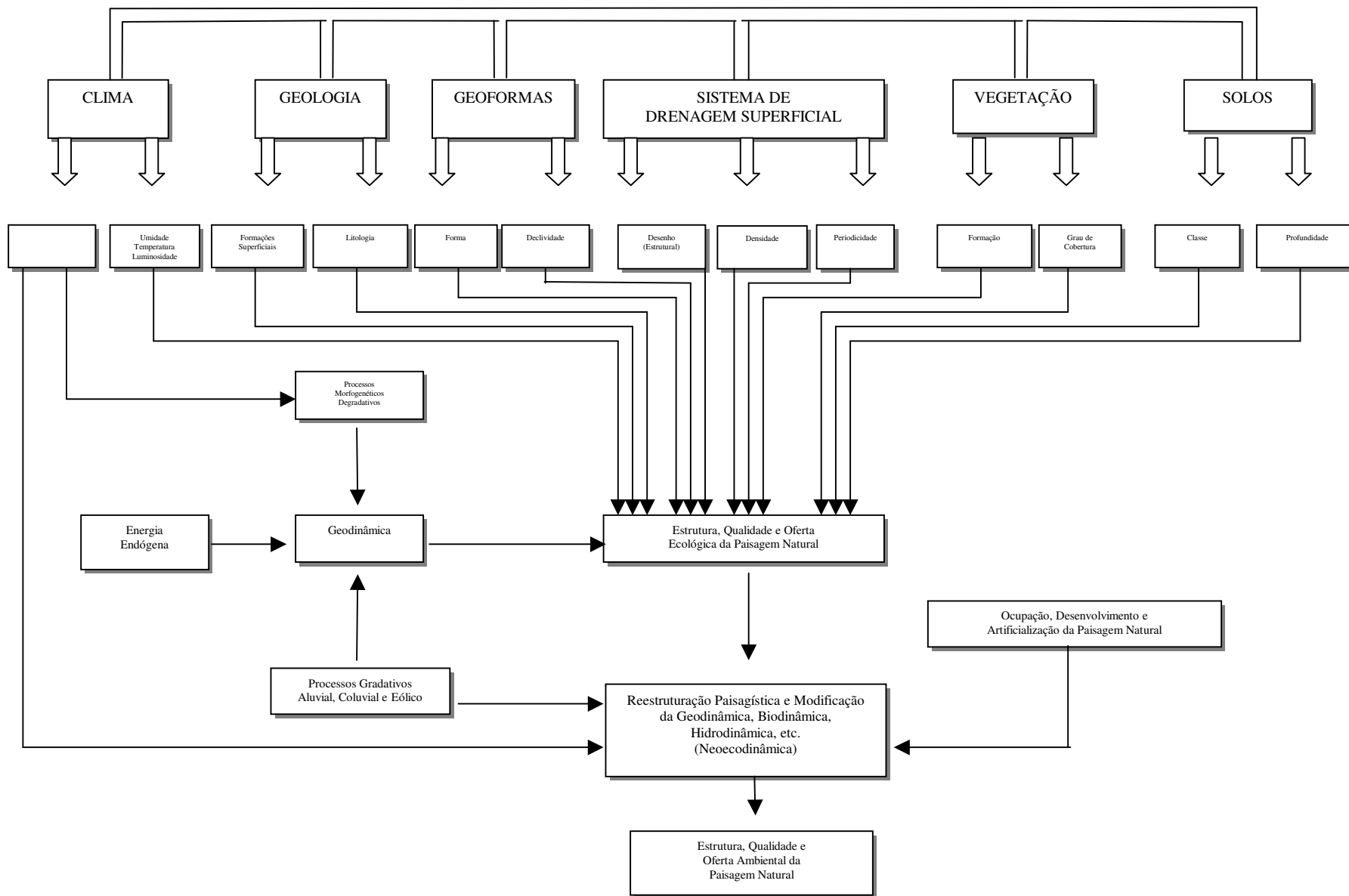


Figura 3 – Esquema básico de interpretação da estrutura da qualidade ecológico-ambientais de paisagens naturais e culturais.

Fonte: Sanchez (1995)



Segundo Naredo & Rueda (1999), adotando-se um enfoque ecológico as cidades são ecossistemas e, como tais, são sistemas abertos, que requerem matéria e energia para manter sua complexa estrutura. Do ponto de vista da produção, é um sistema heterótrofo (parasítico). Por outro lado, a cidade gera resíduos sólidos, líquidos e gasosos, fruto da transformação dos materiais e de energia utilizados para sua estrutura e funcionamento. Os materiais e a energia transportados do exterior do sistema sofrem um curto-circuito nele, causando processos de contaminação que deverão ser transferidos ao exterior, para preservar condições mínimas de habitabilidade e qualidade de vida.

Naiman (1999) afirma que o rápido crescimento da população humana, com dramáticos impactos sobre os ecossistemas local, regional e global, requer uma perspectiva interdisciplinar para compreensão e boa gestão dos recursos para as futuras gerações.

A atual mudança rápida da intersecção entre a ciência, a sociedade e a administração condiciona um desafio intelectual persistente. Entender esta situação e realizar bons prognósticos destas implicações demandam uma necessária perspectiva interdisciplinar, sendo este um dos grandes desafios da nova geração de pesquisadores em ecossistemas.

A pesquisa interdisciplinar necessita, para seu sucesso, tanto da qualidade da ciência quanto de valores pessoais, como: paciência, confiança, responsabilidade e honestidade, características relacionadas à cidadania.

## 2.2 Riscos e incertezas

Há muitas incertezas nas previsões quanto ao futuro do meio ambiente global. Uma importante razão é que o sistema Terra sempre sofreu mudanças. A natural variabilidade é intrínseca aos sistemas ambientais, e somente num pequeno espaço de tempo foram feitas observações humanas diretas. A ação do homem transformou bastante os sistemas da superfície terrestre e em muitos sistemas ambientais é difícil distinguir o que é natural e o que foi transformado pelo homem (ROBERTS, 1994).

Objetivando fornecer à comunidade e aos decisores políticos e econômicos elementos precisos para apreciação dos riscos potenciais, os cientistas muitas vezes são colocados em situações difíceis de dar um parecer conclusivo. As pesquisas sobre o funcionamento dos ecossistemas deixam ainda grandes margens de incerteza na compreensão dos processos elementares e das interações que regem o funcionamento dos sistemas (MÉGIE, 1994).

Segundo Curien (1994), atualmente a ciência não é mais considerada como um corpo de doutrina infalível, e os cientistas não são mais considerados como referenciais absolutos.

Progressos recentes na teoria dos sistemas dinâmicos não lineares sugerem fortemente que sistemas com um ponto de equilíbrio estável são raros na natureza. A incerteza é inerente à trajetória de longa duração de um sistema, com respeito à sua evolução. Na pesquisa científica é dada ênfase na redução de incertezas e no esforço para sua previsibilidade. Julgadas sob a ótica tradicional, a incerteza e a falta de capacidade de previsão são iguais à ignorância. Este pensamento ainda está impregnado na prática da ciência, que deve determinar qual o tipo de conhecimento é necessário e como deve ser avaliado para a tomada de decisão. Isto é aceito tanto pela ciência como pelas instituições políticas. Tal visão é inadequada para tratar a complexidade dos problemas ambientais enfrentados agora (PAHL-WOSTL, 1995).

Incertezas são comuns na prática científica. As duas maiores fontes de incertezas são a falta de conhecimento suficiente sobre um sistema específico e as características inerentes a sistemas dinâmicos não lineares.

Devido à longa escala de tempo associada a muitos fenômenos importantes, ecossistemas dinâmicos dificilmente são investigados diretamente. A informação indireta pode ser obtida através da Paleontologia e de arquivos ambientais, mas estas pesquisas nem sempre apresentam resultados inequívocos.

Incertezas são sempre evitadas nas pesquisas científicas. A validação do conhecimento científico é baseada predominantemente em fatos consolidados em relações causa-efeito em um mundo fragmentado. Fragmentação e isolamento são requeridos para a análise em termos mecanicistas, e a natureza é enquadrada em esquemas de observação onde conexões podem ser estabelecidas, manipulações exercidas e incertezas dissipadas.

Segundo O’Riordan (1995), existem três níveis de incertezas na ciência ambiental:

1. escassez de dados – Frequentemente não há registros históricos nem amplitude do monitoramento que formem um quadro fidedigno do que está acontecendo;
2. deficiências no modelo – Os modelos ainda são altamente imperfeitos. Podem ser refinados, mas não exatos;
3. além do conhecimento – Certos processos naturais são indefiníveis e indeterminados, porque operam de maneira que, talvez, nunca sejam totalmente entendidos.

Recentemente a aplicação de modelagem matemática em Ecologia teve um grande avanço, entretanto o desenvolvimento de novos conceitos teóricos não acompanhou este ritmo. Os modelos consolidaram esforços devotados na avaliação das conseqüências da ação antrópica sobre as mudanças ambientais. Modelos matemáticos aplicados neste campo são normalmente mecanicistas, produzindo base quantitativa para decisões no gerenciamento ambiental. Estes modelos, baseados em suposições restritivas e incertezas inerentes, têm a virtude de sugerir

precisão e clareza, facilitando a comunicação, importante particularmente em políticas e gerenciamento de decisões.

O conhecimento científico atual evidencia a presença de complexas dinâmicas não lineares nos sistemas naturais, com as incertezas associadas a estas. Devido a esta realidade, é necessário precaução nas conclusões e sugestões a serem dadas.

Cresce no homem a compreensão para os limites de conhecimento da ciência. Se não se podem reduzir as incertezas, tem-se que aprender a conviver com elas. É necessário mudar radicalmente o enfoque da redução de incertezas para o seu gerenciamento e o das complexidades, com melhor entendimento dos limites da ciência no uso de políticas de avaliação integrada de modelos (SLUIJS, 1996).

A aplicação do princípio da precaução muda o equilíbrio de poder entre ciência e comunidade, entre empreendedores e ambientalistas, e entre os que exploram os serviços ambientais e a dependência vulnerável para sua sobrevivência. Precaução pode ser distinta de prevenção, que é uma medida visando a evitar uma ameaça estabelecida por introduzir a dúvida do cuidado em todas as ações, buscando reduzir incertezas simplesmente por necessária prudência, gerenciamento inteligente, informação pública, participação e melhor tecnologia. Segundo O’Riordan (1995), o conceito de precaução tem quatro significados:

1. ação precavida antes da prova científica;
2. deixar uma sobra de espaço para a ignorância;
3. cuidado no gerenciamento; e
4. trocar o ônus da prova do prejudicado para o empreendedor.

Autocrítica e atitude aberta são necessárias na promoção de um diálogo, no qual decisões racionais baseadas em predições e fatos sólidos das ciências naturais são impossíveis. Tal atitude também deve ser o objetivo da ciência para engajamento num diálogo proativo, único meio de transferência bem-sucedida do conhecimento adquirido, fundamental para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis no gerenciamento ambiental. No Quadro 1 a seguir é realizada uma comparação da atitude tradicional com a esboçada acima.

Quadro 1 – Papel da pesquisa ecológica no gerenciamento ambiental

	<b>Atitude corrente</b>	<b>Atitude sugerida</b>
<b>Pesquisa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reduz incertezas</li> <li>– Produz predições quantitativas</li> <li>– Enfoque mecanicista, processo cria conhecimento especializado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Descobre incertezas</li> <li>– Gera inovações, conhecimento qualitativo</li> <li>– Enfoque organizacional, modelo busca compartilhar o diálogo social</li> </ul>
<b>Gerenciamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Visão da natureza como máquina</li> <li>– É rígida e controlada</li> <li>– Direcionada para objetivos preconcebidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Visão da natureza como parceira</li> <li>– É flexível e adaptável</li> <li>– Promove evolução, ação inovadora</li> </ul>
<b>Avaliação de risco</b>		
Fonte	= Fenômeno ou processo	– Estrutura do sistema, organização
Risco	= Evento indesejável	– Restrição do potencial evolucionário
Medida	= Probabilidade de dano	– Redução no grau de liberdade

Fonte: Pahl-Wostl (1995)

A percepção dos cientistas como pesquisadores especializados, produzindo conhecimento sobre fatos objetivos, moldou a comunicação da informação científica e do papel das instituições científicas na sociedade. Em muitos domínios, incluindo os assuntos ambientais, o diálogo entre a comunidade científica e a sociedade ocorre dentro do esquema sugerido na Figura 4. A comunidade científica é mantida em grande parte por fundos abastecidos pelos fazedores de política, os quais decidem que questões são importantes para as decisões da sociedade.

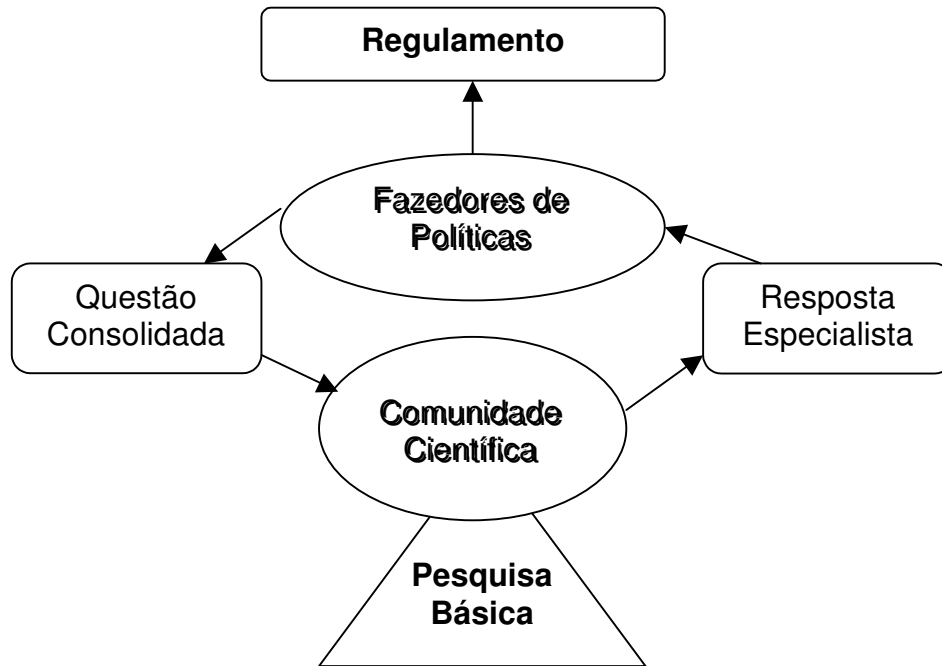


Figura 4 – A tradicional percepção do papel das instituições científicas na sociedade.  
Fonte: Pahl-Wostl (1995)

A Figura 5, abaixo, representa um novo modelo para novas formas de diálogo entre a comunidade científica e a sociedade, dando ênfase ao contexto regional, percebido como foco de escala espacial onde mudanças são realizadas.

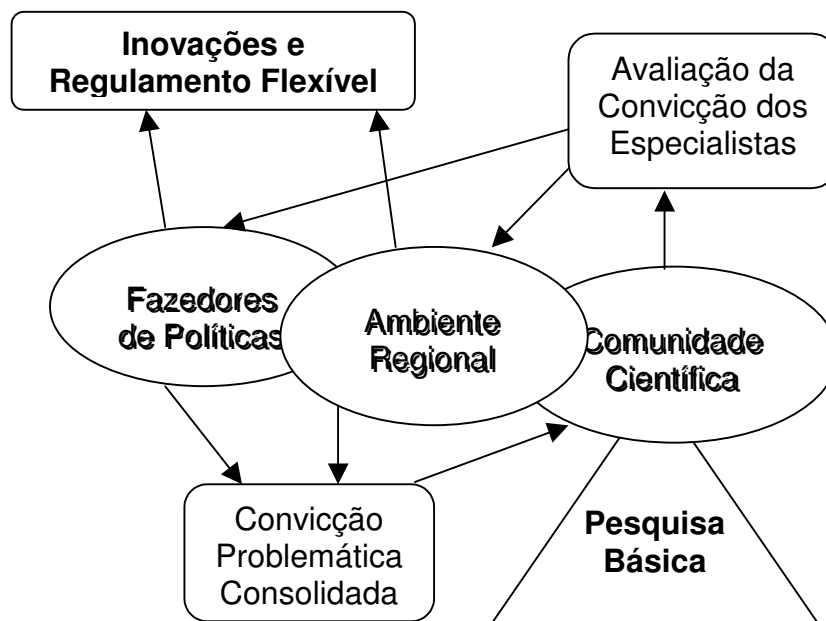


Figura 5 – Novo modelo proposto para o papel das instituições científicas na sociedade.  
Fonte: Pahl-Wostl (1995)

É necessário estabelecer estruturas que encorajem o diálogo, incluindo os aspectos ambientais, sociais e econômicos simultaneamente e instituições flexíveis abrangendo diferentes grupos sociais. O gerenciamento ambiental não pode ocorrer separado de outras atividades de planejamento.

A natureza é indiferente ao homem. Somos nós que devemos nos preocupar com ela, o inverso não existe. A nós compete encontrarmos nosso lugar, nos integrarmos, isto é, construir um meio ambiente onde nos sintamos bem e que pode ser diferente em cada cultura.

O risco aparece com a vida. O risco zero não existe, a não ser num mundo morto. Mesmo com todas as precauções, todas as decisões implicam aceitação de risco. No plano prático, a vontade de eliminar todo risco pode se revelar perigosa para a democracia, podendo conduzir à elaboração de regulamentos insuficientes e proibitivos à liberdade de ação (LEHN, 1994).

O risco está relacionado à vida humana e à propriedade: não há risco sem o envolvimento da presença do homem, de suas propriedades, ou de suas atividades. O risco geológico é aquele que envolve a interação do homem com os processos naturais do planeta. A linha que separa o risco geológico natural do produzido pelo homem é tênue e difusa (McCALL, et alli, 1992).

Metzger (2000) considera fundamental o reconhecimento do caráter irreduzível do risco e sua necessária integração no manejo da cidade.

Para aumentar os territórios utilizáveis, empreendedores urbanos freqüentemente modificam paisagens naturais, nivelando colinas, aterrando vales e terras úmidas. Nesses novos terrenos é criado um ambiente construído por ruas pavimentadas, centros comerciais, residências, fábricas, edifícios comerciais, igrejas, etc. Nesse processo é alterado o ecossistema, são eliminadas espécies nativas da fauna e flora, e são introduzidas espécies estranhas, além de se criar um microclima local com diferentes gradientes de temperatura, padrões de chuvas e de ventos, diversos da zona rural circunvizinha. Cidades necessitam de suprimento de água para existirem. As populações precisam de comida, água, combustível, materiais de

construção, enquanto as indústrias urbanas têm suas próprias necessidades. Essas demandas atingem longas distâncias além dos limites da cidade (TARR, 1997).

A aglomeração de pessoas em cidades amplia os impactos no meio ambiente local e sua vulnerabilidade a acidentes ambientais. Ao mesmo tempo, a migração diminui as pressões sobre as áreas rurais, e a concentração espacial da população permite a economia de escala no uso de recursos e a diminuição dos impactos ambientais globais (MEYER, 1996).

Os problemas de riscos ambientais e incertezas acerca de tempo e espaço somente podem ser administrados e alcançados pelas instituições políticas, algumas transcendendo fronteiras nacionais, e outras revigorando a participação local e a responsabilidade.

Os riscos geológicos mais comuns no meio ambiente urbano são inundações, escorregamentos de encostas, subsidências, erosão costeira e esgotamento/contaminação de aquíferos. Como no caso dos riscos naturais, a falta de compreensão das causas e responsabilidades pode resultar na ausência da gestão ambiental urbana para mediar o risco socionatural, recorrendo-se somente à mitigação de seus efeitos.

Com o incremento da urbanização mundial, o potencial dos desastres naturais causados por riscos geológicos aumenta dia a dia. A extensão das ações contra os riscos geológicos depende da natureza e da severidade do risco e da tolerância ao risco pela comunidade afetada. O Quadro 2 mostra uma classificação simples de ações que, para serem mais efetivas, necessitam um maior entendimento técnico e científico do risco, além da percepção das populações.



Quadro 2 – Classificação de ações contra o risco geológico

<b>Classe de Ação</b>	<b>Exemplos</b>
Ação emergencial e gerenciamento da crise	Evacuação Procedimentos de emergência Socorro e reabilitação
Plano para perdas	Seguro Respostas legais Reajuste de taxas
Minimizar o risco	Prevenção Correção
Controle dos efeitos	Controles de engenharia Ações de planejamento
Melhorar a compreensão	Avaliação do risco Monitoramento Previsão Prevenção

Fonte: McCall et ali(1992)

A absorção de uma visão abrangente e integrada da questão ambiental na gestão urbana é uma das premissas básicas para o alcance de uma relação mais harmônica entre o homem e seu hábitat – a cidade.

Segundo Fernández & Rodríguez (2000), por necessidade, interesse ou ignorância, os diferentes grupos sociais vão lentamente degradando o meio ambiente, aumentando as vulnerabilidades ou potencializando ameaças de origem antrópica ou natural. As ações sobre o território, o uso de recursos naturais e o despejo de seus resíduos estão guiados por interesses imediatistas, mas esta dinâmica gera efeitos que vão se acumulando até vir a surpresa, o chamado desastre natural, que não se esperava, porém é construído paulatinamente.

Por ser a atividade humana a principal causa da degradação ambiental, esta pode ser prevenida e evitada tomando-se as medidas necessárias. O risco aceitável seria a decisão da autoridade responsável, considerando a probabilidade de as

conseqüências sociais, econômicas e ambientais negativas de uma determinada ação serem suficientemente baixas para permitir seu uso no planejamento das políticas sociais, econômicas e ambientais.

## 2.3 Desenvolvimento sustentável

Desde a publicação do Brundtland Report, em 1987, o termo desenvolvimento sustentável ganhou muita popularidade. Está ficando cada vez mais claro que este conceito não é simplesmente uma moda passageira, mas sim um objetivo fundamental para a humanidade.

O desenvolvimento sustentável converteu-se em um termo amplamente aceito, como mediação entre desenvolvimentistas e ecologistas. Desenvolvimento, em Economia, é sinônimo de crescimento. Alguns autores acreditam que a única forma de desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento sem crescimento. O conceito sustentabilidade surge como substituto de desenvolvimento sustentável ante a ambigüidade deste último. A simplicidade e a objetividade deste termo permitiriam segundo Rancel (2000), uma análise melhor e um uso mais rigoroso.

**Desenvolvimento sustentável** é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das futuras gerações.

**Desenvolvimento** é freqüentemente confundido com crescimento. Crescimento conduz à idéia de expansão física ou quantitativa do sistema econômico. Em contraste, desenvolvimento é um conceito qualitativo, incorporando noções de aperfeiçoamento e progresso, incluindo tanto os aspectos sociais e culturais como os econômicos. Desenvolvimento sustentável requer que se considere a capacidade de auto-regeneração da natureza, isto é, a habilidade dos ecossistemas em se recuperarem e manterem a produtividade. Assim, a conservação dos recursos é um forte componente do desenvolvimento sustentável.

**Necessidade** tem um aspecto moral, por significar a redistribuição dos recursos, sendo, portanto, um ponto de conflito. A equiparação com a redistribuição do aumento da riqueza para reduzir as desigualdades dificilmente é conseguida atualmente. A redistribuição pode ter várias formas, incluindo a transferência de tecnologia, a ajuda financeira e a compensação por prevenção de degradação ambiental. Maior igualdade social, por razões morais e pragmáticas, está se

tornando a chave para o desenvolvimento sustentável, tanto em países desenvolvidos como os em desenvolvimento.

A diminuição da pobreza é um requisito prévio indispensável para alcançar a sustentabilidade ambiental. Os pobres são, ao mesmo tempo, vítimas e agentes da degradação do meio ambiente urbano. A pobreza e a deterioração ambiental se encontram recíproca e intrinsecamente relacionadas, já que a deterioração ambiental provoca e agrava situações de pobreza, e a pobreza social e econômica é responsável pelo mau uso dos recursos naturais e a conseqüente deterioração ambiental (HERZER & GUREVICH, 2000).

O principal componente do desenvolvimento sustentável é o princípio da equidade entre a atual e as **futuras gerações**. A proteção do interesse das futuras gerações não deve ser entendida como a manutenção das condições atuais. Obviamente, para as necessidades futuras serem satisfeitas não seria suficiente simplesmente repassar o meio ambiente nas condições atuais para a próxima geração. Convém à presente geração melhorar o meio ambiente nas áreas degradadas ou socialmente injustas.

Segundo Salsberg (1998), sustentabilidade é um conceito difícil de comunicar. Implica pensar não somente muitos assuntos de uma só vez em conjunto, como as necessidades de futuras gerações. O diagrama da Figura 6 é amplamente utilizado para ilustrar o que é desenvolvimento sustentável.

O principal desafio enfrentado pelos projetos ambientais é o de propor e implementar sistemas de gestão capazes de aplicar o conceito de sustentabilidade na prática, para o qual deverá se articular um equilíbrio dinamicamente estável entre a preservação dos recursos naturais, a promoção das principais atividades que sustentam as economias locais (crescimento econômico) e a defesa das comunidades que habitam na área de influência (equidade social).

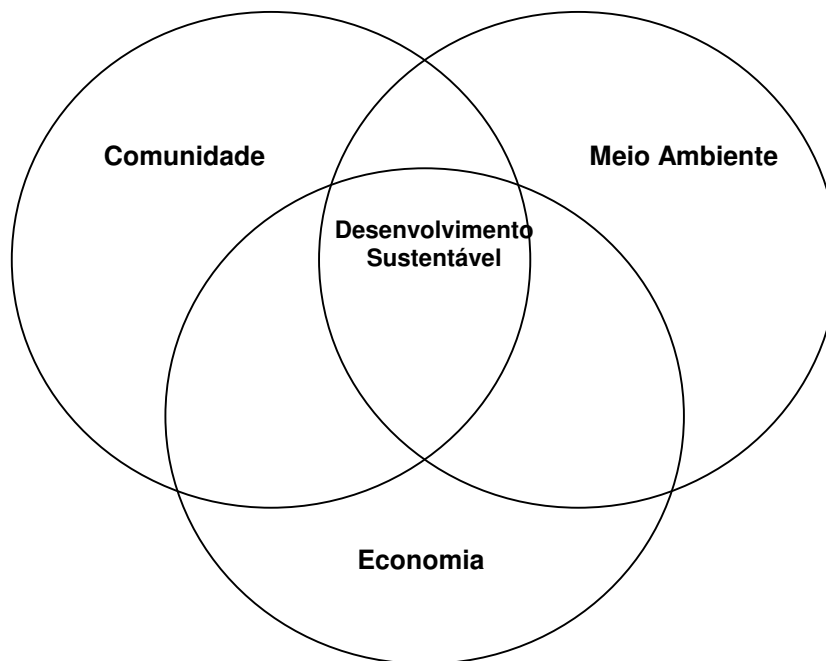


Figura 6 – Estrutura do desenvolvimento sustentável.  
Fonte: Salsberg (1998)

Segundo especialistas do Banco Mundial, o maior desafio se apresenta no jogo de harmonização entre estas três condições, quando se devem traduzir os conceitos de equidade social e sustentabilidade ecológica em termos de indicadores a serem comparados com indicadores de crescimento econômico.

Se tentarmos graficar três eixos em um plano como fez Nijkamp (1990), assumindo hipoteticamente que em cada um deles representamos a variação das três condições básicas, assinalando-se uma importância percentual variável entre 0 e 100, definindo um triângulo e dentro dele uma área factível do projeto (Figura 7 – representação gráfica dos conflitos entre objetivos de crescimento econômico, equidade e sustentabilidade), pode-se apreciar a impossibilidade conceitual para alcançar as três condições de forma simultânea.

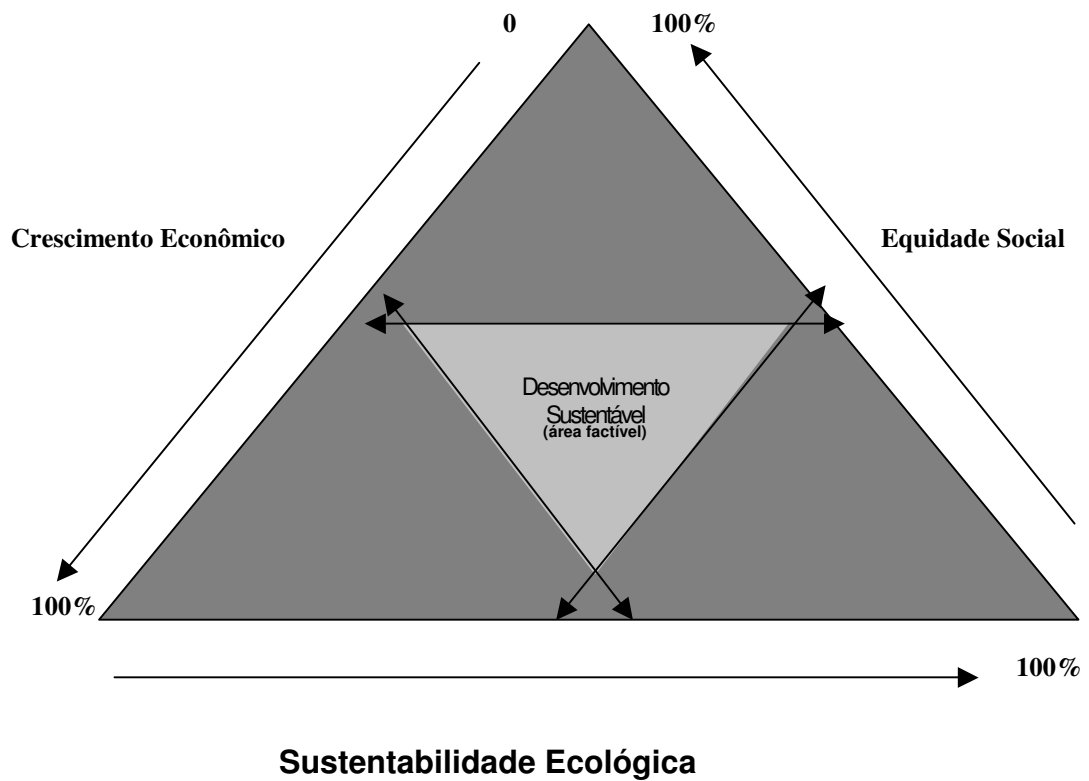


Figura 7 – Representação gráfica dos conflitos entre os objetivos de crescimento econômico, equidade social e sustentabilidade ecológica.

Fonte: Nijkamp (1990)

Não obstante, quem tem responsabilidade na gestão do território e, portanto, do meio ambiente deve tomar decisões, orientando inversões e fomentando o desenvolvimento e crescimento local, tratando de harmonizar estas premissas, sem omitir nem privilegiar nenhuma delas. A busca do dito equilíbrio e a sua realização são produtos da aplicação concreta e articulada das respostas que brindam as ciências em seu atual estado de desenvolvimento, mas como não existem ainda indicadores capazes de medir o social, o biológico e o econômico dentro de um sistema de valores intercambiáveis, os processos de gestão para o desenvolvimento sustentável são, por hora, uma mescla entre ciência e arte.

Para reduzir os riscos que implicam confrontar a concepção de um projeto factível nestes termos, de dimensão complexa, é imprescindível ter uma visão global dos problemas, para o que é imperioso analisar as inter-relações das distintas

disciplinas clássicas como uma verdadeira e única dimensão e, por sua vez, relacioná-las com as dimensões espacial, por uma parte, e temporal, por outra.

Quando se quer analisar as múltiplas relações entre duas variáveis devem-se empregar matrizes, mas, ao se incorporar uma terceira dimensão, obtemos uma matriz espacial, o que em álgebra se denomina um tensor.

Se tentar-se associar a dimensão do conhecimento e as ações, por um lado, a dimensão espacial, por outro, e a temporal, por outro, é possível definir um tensor de interações que pode ajudar a analisar as múltiplas relações e dependências de um projeto ambiental (Figura 8 – O conceito de tensor de interações de um projeto ambiental).

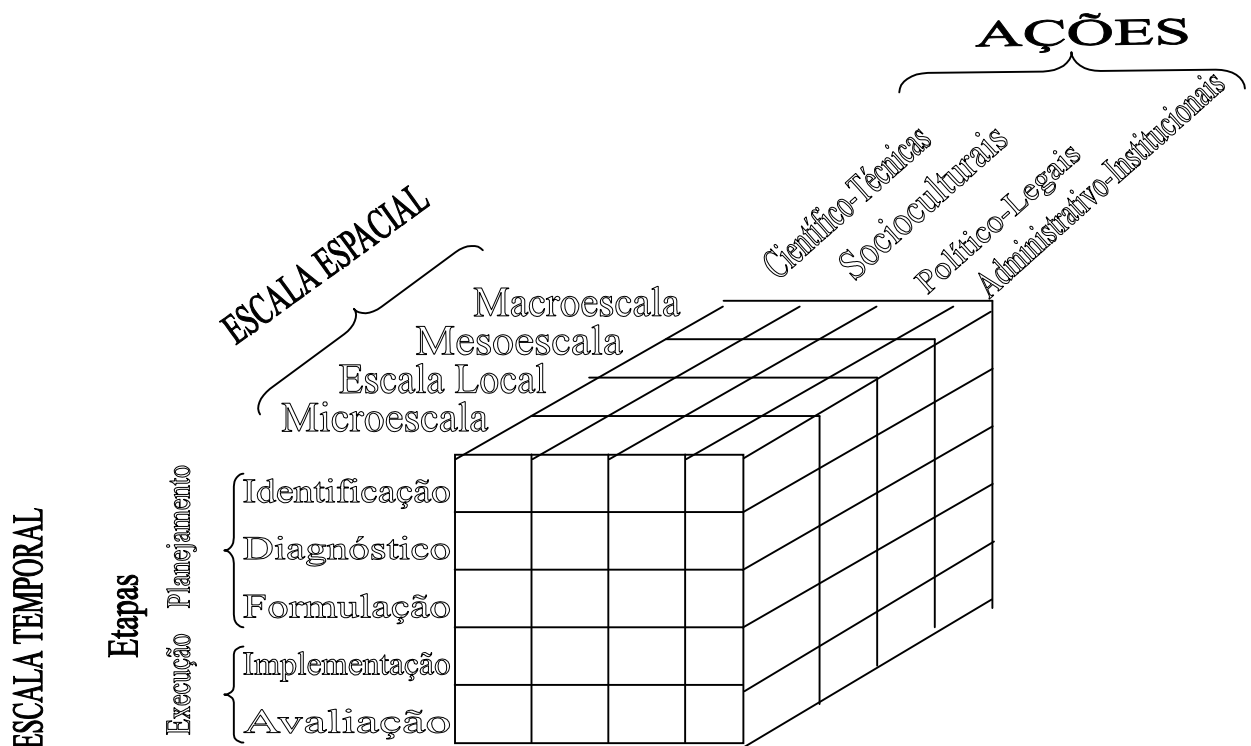


Figura 8 – O conceito de tensor de interações de um projeto ambiental.

Fonte: Novillo (1995)

O importante da análise, empregando o conceito de tensor, é que existem interações em cada uma destas relações. Poderá haver ações socioculturais em nível de uma mesoescala e político-legais em nível de outra.

A fim de assegurar a conservação ambiental para a presente e as futuras gerações, é necessário restringir a exploração de alguns recursos ambientais como os habitats importantes, as paisagens notáveis, os recursos não renováveis, etc. O princípio de equidade sugere a superioridade dos direitos comunitários sobre os individuais ou da nação/Estado. O desenvolvimento sustentável abrange a preservação das áreas de alta qualidade ambiental e também a melhoria da qualidade ambiental em outras áreas.

Para o desenvolvimento ser sustentável, Blowers (1993) identificou cinco objetivos fundamentais, que devem guiar todas as decisões relativas ao desenvolvimento futuro, resumidos abaixo:

### **1 – Conservação de recursos**

Assegurar o abastecimento dos recursos naturais para as presentes e futuras gerações por meio do eficiente uso do solo, da economia do uso de recursos não renováveis, de sua substituição por recursos renováveis quando possível e da manutenção da diversidade biológica.

### **2 – Desenvolvimento do ambiente construído**

Assegurar o desenvolvimento do ambiente construído considerando a harmonia com o ambiente natural, e que a relação entre os dois seja planejada para o equilíbrio e o mútuo enriquecimento.

### **3 – Qualidade ambiental**

Impedir ou reduzir processos que degradem ou poluam o ambiente, proteger a capacidade regenerativa dos ecossistemas e prevenir o desenvolvimento que seja prejudicial à saúde humana ou que diminua a qualidade de vida.

### **4 – Equidade social**

Impedir qualquer desenvolvimento que aumente a diferença entre ricos e pobres, e encorajar o desenvolvimento que reduza a diferença social.



## 5 – Participação política

Mudar valores, atitudes e comportamentos encorajando o aumento da participação em decisões políticas e aperfeiçoando iniciativas de melhorias ambientais em todos os níveis das comunidades locais.

O planejamento ambiental é necessário para superar os problemas criados pelo mercado. Sob os arranjos econômicos atuais, os recursos naturais são esgotados em vez de conservados. O estoque de capital natural possui características de irreversibilidade – uma vez destruído, é para sempre – e de diversidade – quando disponível em abundância, ele é resistente a choque e a estresse.

Os objetivos de sustentabilidade necessitam novos mecanismos de mercado e de controle, projetados para que adquiram eficiência ambiental, conservação de recursos naturais, manutenção da saúde e aumento da igualdade social, onde seja possível.

As externalidades refletem a inabilidade de o mercado alocar os recursos de modo sustentável. Poluição e dejetos são descarregados no mar, no ar, em lagos, rios e terras em taxas além da capacidade de recebimento do meio ambiente. Recursos são explorados em taxas maiores do que podem ser repostos. A poluição impõe um custo público para o benefício privado.

Uma definição para degradação pode ser: uma ação cujo custo total excede o benefício total. A sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável pode ser o critério para distinguir uma mudança aceitável de um dano inaceitável. Assim, degradação ambiental é igual ao uso insustentável do meio ambiente (MEYER, 1996).

Horizontes políticos tendem a ser de **curto prazo** – aproximadamente cinco anos, ligados a aspectos eleitorais ou econômicos. Necessitam ganhos materiais ou de aceitação das populações para os objetivos de reeleição, medem crescimentos rápidos da economia, da renda e consumo, podendo ter como resultado a degradação ambiental.

O **médio prazo** cobre o período de cerca de vinte anos, a perspectiva de futuro para a maioria das pessoas. Planejamento de médio prazo requer ter em conta a potencial implicação de diferentes cenários de crescimento da produção agrícola e industrial e das inovações tecnológicas.

Desenvolvimento sustentável é um objetivo de **longo prazo** assegurando desenvolvimento contínuo, em que a qualidade do meio ambiente não é afetada pela utilização do homem. O longo prazo depende das decisões tomadas agora. Uma mudança radical nas políticas atuais deve estar relacionada a – certamente, precedida por – uma mudança de valores.

Segundo Dale et alli (2000), são cinco os princípios da ciência ecológica, os quais interagem de muitas formas, que tem implicações diretas no uso do solo e devem ser considerados visando à sustentabilidade:

1. tempo – O estado atual de um ecossistema é função de eventos passados; os efeitos das ações atuais podem ocorrer lentamente; o retorno para as condições ecológicas prévias não acontecem freqüentemente; e efeitos de longo prazo do uso do solo podem ser de difícil previsão;
2. espécie – Espécies particulares e cadeias de espécies interagindo são fundamentais para grande escala de efeitos nos ecossistemas; mudanças no uso do solo podem gerar efeitos inesperados para a diversidade biológica e a dinâmica dos ecossistemas em escalas local e regional; e espécies exóticas podem produzir numerosos efeitos nos ecossistemas;
3. lugar – Clima, hidrologia, solo e fatores geomorfológicos locais, como também interações biológicas, afetam fortemente os processos ecológicos e a quantidade e a distribuição de espécies em determinado local; condições ambientais locais condicionam os padrões de uso do solo; e o uso do solo deve ser função deste condicionamento;
4. perturbação – São eventos que rompem sistemas ecológicos, podendo ser naturais ou induzidos pelo homem; a supressão de uma perturbação natural pode ter efeito oposto ao pretendido; e os

ecossistemas são dinâmicos em tempo e espaço, com ou sem perturbações;

5. paisagem – O tamanho, a forma e a relação espacial dos tipos de cobertura do solo influenciam a dinâmica de populações, comunidades e ecossistemas; tamanhos maiores de um hábitat geralmente contêm maior número de espécies e de indivíduos; alguns hábitats pequenos e descontínuos (por exemplo: corpos de água, corredores ribeirinhos, áreas úmidas, etc.) têm grande contribuição de composição e complexidade estrutural para uma região.

Baseado nestes princípios, sugerem as seguintes diretrizes para o gerenciamento ambiental do uso do solo:

- **Examinar os impactos de decisões locais no contexto regional** – Identificar a região circunvizinha provavelmente afetada e examinar como essa está administrando o uso do solo;
- **Planejar mudanças em longo prazo e eventos inesperados** – Opções futuras do uso do solo são condicionadas pelas decisões tomadas atualmente, como também as tomadas no passado; embora não seja possível prever todos os eventos inesperados, estes devem ser considerados;
- **Preservar elementos raros da paisagem e espécies associadas** – Elementos raros da paisagem provêm hábitats ou processos ecológicos críticos, contendo características importantes para a diversidade biológica da região;
- **Evitar usos do solo que esgotem recursos naturais em grandes áreas** – O esgotamento de recursos naturais rompe processos ecológicos, geralmente de maneira irreversível em longo prazo;
- **Preservar grandes áreas contíguas e áreas conectadas que contenham hábitats críticos** – Grandes áreas e conectividade de hábitats críticos são importantes para a sobrevivência de espécies e populações;
- **Minimizar a introdução e a expansão de espécies exóticas** – Frequentemente espécies exóticas têm efeitos negativos nas espécies nativas e na estrutura e no funcionamento de sistemas ecológicos; espécie nativa é adaptada às condições locais e geralmente se estabelece mais rápido, requerendo menor manutenção;

- **Evitar ou compensar os efeitos do desenvolvimento nos processos ecológicos** – Evitar ou mitigar por ação preventiva possíveis efeitos do uso do solo;
- **Implementar o uso do solo e o gerenciamento de práticas compatíveis com o potencial natural da área** – Requer que os administradores do uso do solo tenham ótimo conhecimento do potencial local.

Berke & Manta (1999) resumem quatro objetivos do planejamento local visando o desenvolvimento sustentável: considerar a capacidade do sistema se manter por longa duração; equilíbrio na avaliação ambiental, econômica e social; vinculação das preocupações locais com o ambiente global; e contínuo processo de avaliação e atualização.

Para o propósito de avaliação de planos, os autores mencionados acima definem o desenvolvimento sustentável como um processo dinâmico no qual as comunidades refletem e escolhem as necessidades das atuais e futuras gerações de modo a produzir um equilíbrio dos sistemas social, econômico e ecológico, vinculando ações locais com preocupação global. Baseados nesta definição – excluindo a dinâmica do processo, propõem seis princípios básicos para avaliação de planos locais:

1. **trabalhar em harmonia com a natureza** – O uso do solo e o desenvolvimento de atividades devem manter os ciclos essenciais, a vida, e preservar as funções dos ecossistemas;
2. **ambiente construído habitável** – A localização, a forma, a densidade, a diversidade, a proporção e a qualidade do ambiente construído devem refletir os desejos dos moradores, promovendo a coesão, a identidade e a acessibilidade da comunidade, além da proteção das características físicas especiais;
3. **economia baseada no local** – A economia local deve operar dentro dos limites do sistema natural, os recursos naturais utilizados devem ser renováveis, e deve ser observada a capacidade de depuração dos dejetos pelo meio ambiente;
4. **eqüidade** – O modelo de uso do solo deve reconhecer e melhorar as condições das populações de baixa renda, não as privando da saúde ambiental e da dignidade humana;

5. **poluente pagador** – Atividades poluidoras ou com interesses censuráveis, que causem impactos negativos na comunidade, devem arcar com os custos da poluição ou dos danos, considerando o interesse público;
6. **regionalismo responsável** – Comunidades devem agir considerando seus interesses, como também as conseqüências de suas ações em outros locais.

## 2.4 Indicadores de sustentabilidade

Segundo Rancel (2000), a introdução do termo sustentabilidade na ordenação do território, na dupla vertente análise territorial e planejamento territorial, dependerá fundamentalmente da sensibilidade e dos esforços das equipes de projetistas para coletar e desenvolver indicadores e critérios de sustentabilidade para que os agentes sociais possam dispor destes dados para tomada de decisões.

Comunidades são uma rede de interações entre o ambiente, a economia e a sociedade. Sustentabilidade requer visão integrada do mundo, requer indicadores multidimensionais que mostrem os vínculos entre a economia de uma comunidade, o ambiente e a sociedade. Por exemplo, o Produto Interno Bruto (PIB) é um indicador tradicional que informa a medida do bem-estar econômico de um país, porém o PIB só reflete a atividade econômica, sem levar em consideração o efeito daquela atividade na saúde social e ambiental da comunidade. Em contraste, um indicador de sustentabilidade comparável é o Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável.

Para adquirir um quadro mais completo do que é progresso econômico, este índice subtrai do PIB conseqüências prejudiciais da atividade econômica e soma ao PIB atividades significativas como trabalho doméstico não pago. Da mesma maneira que o PIB, junta em um único índice grande quantidade de informação, mas a principal diferença é que a informação considera os vínculos entre ambiente, economia e sociedade.

O bem-estar de uma comunidade ou nação pode ser medido de muitas formas. Medidas tradicionais analisam freqüentemente só um fenômeno, como o número de novos empregos em uma comunidade particular, mas isto é uma aproximação unidimensional e não revela a qualidade desses empregos ou o impacto deles na economia local. Mais significativo que novos empregos pode ser, por exemplo, medir o número de crianças que vivem na pobreza, o que indicaria a relação de saúde social para a economia local.

Indicadores de comunidade sustentável podem ser úteis a comunidades por diferentes razões. Para uma comunidade saudável os indicadores ajudam a monitorar a saúde de forma que tendências negativas são identificadas e resolvidas antes de elas se tornarem um problema. Para comunidades com problemas econômicos, sociais, ou ambientais os indicadores podem apontar a direção para um futuro melhor. Em todas as comunidades, indicadores podem gerar profundas discussões entre pessoas com diferentes pontos de vista, mas, no processo, podem ajudar a criar uma visão compartilhada do que a comunidade deveria ser. Indicadores de uma comunidade sustentável indicam onde estão fracos os vínculos entre economia, ambiente e sociedade. Eles permitem visualizar onde estão os problemas e ajudam a mostrar a maneira de resolvê-los.

Um dos maiores problemas com indicadores de sustentabilidade é que freqüentemente os melhores indicadores são aqueles para os quais não há nenhum dado, enquanto os indicadores para os quais há dados são os menos adequados para medir sustentabilidade. Isto induz muitas comunidades a escolher fontes de dados tradicionais para indicadores. Há muitas vantagens nos indicadores tradicionais. Primeiro, os dados estão disponíveis e podem ser usados para comparar com outras comunidades. Segundo, estes indicadores podem ajudar a definir áreas de problema. Terceiro, eles podem ser combinados para criar indicadores de sustentabilidade. Porém, existe o perigo de que fontes de dados e indicadores tradicionais enfoquem soluções tradicionais que criaram comunidades insustentáveis.

Um índice ou indicador é criado para reduzir uma grande quantidade de dados até uma forma mais simples, mas retendo o significado essencial da informação (MITCHELL, 1996).

Projetar um bom indicador normalmente é bastante difícil. Indicadores ambientais são criados para avaliar o estado atual, documentar tendências, advertir sobre mudanças, avaliar custos e diagnosticar causas e efeitos. Um indicador não satisfaz todos estes objetivos ao mesmo tempo, e indicadores desenvolvidos para um propósito são diferentes de outros que buscam outras respostas. Similarmente, indicadores não têm a mesma eficácia para os diferentes interessados no processo.

Projetistas de indicadores de desenvolvimento sustentável devem respeitar os princípios de sustentabilidade básicos, que são a equidade inter-geracional e intra-geracional e a manutenção da integridade ecológica.

Na avaliação do indicador devem ser observados oito critérios, ele deve ser:

1. relevante ao objeto e cientificamente defensável;
2. sensível a mudanças através do espaço e dos grupos sociais;
3. sensível ao tempo;
4. apoiado em dados consistentes;
5. compreensível;
6. mensurável;
7. expresso de forma clara (percentagem, taxa per capita, valor absoluto);
8. identificador de tendências.

Difícilmente são encontrados indicadores nos quais os oito critérios são totalmente preenchidos.

Um indicador é algo que define ou caracteriza uma situação. Sua função é mostrar como um sistema está trabalhando. Se há um problema, um indicador pode ajudar a determinar a direção para solucioná-lo. Indicadores são tão variados quanto os tipos de sistemas que eles monitoram. Porém, além de serem quantificáveis, há certas características que indicadores efetivos têm em comum:

- são pertinentes; mostram algo sobre o sistema, que é importante;
- são fáceis de entender, mesmo por pessoas não peritas;
- são fidedignos; pode-se confiar na informação que estão indicando;
- estão baseados em dado acessível; a informação está disponível e pode ser obtida enquanto ainda há tempo para agir.

Sustentabilidade é um conceito de longo prazo. Indicadores de sustentabilidade não são uma declaração do que existe, eles mostram a visão da comunidade do futuro. Com este objetivo foi criada por Sustainable Measures (2000) uma lista de conferência que pode ajudar a determinar se um indicador é ou não uma boa



medida de sustentabilidade. Esta lista de conferência não afirma se determinado indicador é bom, mas se este busca o critério geral de efetividade.

A Lista de Conferência 1 (Quadro 3), a seguir, tem 14 perguntas. Respostas positivas para as primeiras 13 perguntas ganham um ponto para cada indicador que é avaliado. Isto significa que a possível pontuação total para um indicador é de 13 pontos. Alguns indicadores podem ganhar mais de oito pontos, porém é difícil criar-se um indicador que simultaneamente meça todos os seis tipos de capital de comunidade e os vínculos com economia, sociedade e ambiente. A pergunta final é a pergunta-chave, porque sustentabilidade local não é algo que pode ser alcançado às custas de sustentabilidade global.

Não há nenhum indicador de sustentabilidade perfeito, mas há indicadores que apontam os pontos críticos de sustentabilidade da comunidade. Estes indicadores-chave ajudam a explicar e medir melhor que os indicadores tradicionais. Os indicadores-chave devem:

- mostrar que estão considerando a capacidade de suporte dos quatro tipos de capital da comunidade: natural, humano, social e construído;
- destacar os vínculos entre o bem-estar econômico, o social e o ambiental da comunidade;
- focar uma visão de longo alcance;
- ser compreensível à comunidade; e
- avaliar se a sustentabilidade local está às custas da sustentabilidade global.

A Lista de Conferência 1 de indicadores de comunidade sustentável consiste nas seguintes 14 perguntas:

## Quadro 3 – Lista de conferência 1

- 1.O indicador considera a capacidade de suporte dos recursos naturais dos quais depende a comunidade?
- 2.O indicador considera a capacidade de suporte do ecossistema do qual depende a comunidade?
- 3.O indicador considera a qualidade estética e de vida da comunidade?
- 4.O indicador considera a capacidade do capital humano das pessoas da comunidade?
- 5.O indicador considera o capital social da comunidade, as conexões entre pessoas de uma comunidade: as relações de amigos, famílias, bairros, grupos sociais, negócios, governos e a habilidade delas para cooperar, trabalhar junto e interagir de modo positivo?
- 6.O indicador considera o capital construído de uma comunidade (edifícios, parques, playgrounds, infra-estrutura e informação) e a qualidade de vida e a habilidade da comunidade manter e aumentar esses materiais com os recursos existentes?
- 7.O indicador prevê uma visão de longo prazo da comunidade?
- 8.O indicador avalia a diversidade econômica, social ou biológica na comunidade?
- 9.O indicador avalia a equidade entre residentes de comunidade atuais (equidade intra-geracional) ou entre residentes atuais e futuros (equidade inter-geracional)?
- 10.O indicador é compreensível e utilizável pela comunidade envolvida?
- 11.O indicador mede um vínculo entre economia e ambiente?
- 12.O indicador mede um vínculo entre ambiente e sociedade?
- 13.O indicador mede um vínculo entre sociedade e economia?
- 14.O indicador mede se a sustentabilidade local compromete outra comunidade ou a sustentabilidade global?

Fonte: Sustainable Measures, (2000).

Os projetos de comunidade mais prósperos têm três características em comum. Primeiro, a comunidade criou uma visão de seu futuro que equilibra necessidades econômicas, ambientais e sociais. A comunidade vê seu futuro em longo prazo: não

na ordem de anos, mas na ordem de décadas ou gerações. Segundo, a visão incorporou as idéias de grande parte da comunidade. Terceiro, a comunidade sabe como alcançar aquela visão. É importante para a comunidade estar envolvida no projeto. Uma comunidade sustentável precisa ser desenvolvida pelas pessoas que compõem a comunidade. Não pode ser o projeto de um consultor. Não pode ser implementado por peritos especificamente contratados para o projeto. Precisa ser implementado diariamente pelas pessoas que vivem e trabalham na comunidade.

Tão importante quanto saber o que uma comunidade quer se tornar é saber como alcançar aquela meta. É necessário medir se as decisões que são tomadas estão aumentando ou diminuindo a saúde global das comunidades. Indicadores de sustentabilidade fornecem dados para medir o progresso de comunidades sustentáveis. Indicadores podem ser medidas de saúde ambiental, saúde econômica, recursos, cultura e vitalidade da comunidade. É importante que eles reflitam a comunidade e sua visão do que é importante hoje e no futuro.

Mitchell et alli (1995) desenvolveram o método PICABUE para produção de indicadores satisfatórios para o desenvolvimento urbano sustentável, resumido abaixo:

1. definir o propósito dos indicadores e dos usuários;
2. delimitar o termo desenvolvimento sustentável, seus princípios e objetivos;
3. distinguir que assuntos são importantes localmente e globalmente;
4. adaptar as diferentes propriedades dos indicadores aos seus objetivos e aos usuários;
5. avaliar os indicadores comparando-os com o indicador ideal e o objetivo do programa.

Comunidades com projetos sustentáveis não têm somente uma visão para o seu futuro, mas também modos de medir o seu progresso. Os indicadores de sustentabilidade são como uma bússola: eles devem mostrar uma direção na qual se mover. Mas qual é o norte? Como estar seguro se os indicadores estão conduzindo a comunidade na direção certa? A Lista de Conferência 2 (Quadro 4), de indicador

de comunidade sustentável, criada por Maureen Hart (1997), é um modo de calibrar indicadores de comunidades sustentáveis baseado em um balanço das características dos bons indicadores.

Esta lista contém dez perguntas para cada indicador. Cada resposta positiva ganha pontos. Algumas perguntas são mais importantes que outras e, assim, resultam em mais pontos. A pontuação total possível para um indicador é 20 pontos; porém, a pontuação atual não é tão importante quanto à pontuação potencial, porque a Lista de Conferência é projetada numa visão de longo prazo dos indicadores. A última pergunta não pontua, porém é a mais importante, não é aceitável uma comunidade ter sucesso às custas de outra comunidade.

Quadro 4 – Lista de conferência 2

	Pontuação Máxima
1) O indicador é pertinente à definição de sustentabilidade da comunidade?	2
2) O indicador é compreensível por grande parte da comunidade?	2
3) O indicador é desenvolvido, aceito e utilizado pela comunidade?	3
4) O indicador provê uma visão de longo prazo da comunidade?	3
5) O indicador une diferentes aspectos da comunidade?	6
6) O indicador está baseado em informação fidedigna?	1
7) O indicador está baseado em informação acessível?	1
8) O indicador está baseado em informação oportuna?	1
9) O indicador está baseado em informação precisa?	1
10) O indicador mostra que a sustentabilidade local está às custas da global? X	

Fonte: Maureen Hart, (1997).

Se a resposta para a última pergunta é "sim", o indicador é desqualificado automaticamente.

## 2.5 Desenvolvimento urbano e sustentabilidade

As cidades do mundo ocupam dois por cento da superfície da Terra, mas representam 78 por cento das emissões de carbono, 76 por cento do uso industrial da madeira e 60 por cento da água utilizada pelo homem. Estes números mostram a importância das áreas urbanas na busca do desenvolvimento sustentável (UNEP-IETC, 2002).

A rápida urbanização no século XX aumentou o impacto ambiental sobre as cidades. Em 1900 somente 160 milhões de pessoas, um décimo da população mundial, vivia em cidades. Em 2006, metade do mundo (3.2 bilhões de pessoas) viverá em áreas urbanas, número 20 vezes maior; atualmente, segundo Dias (1998), 75% da população brasileira já se concentra nas cidades. Devido a sistemas de planejamento inadequados, cidades acarretam de forma desproporcional o aquecimento global, o desflorestamento e a escassez de água.

É necessário observar o ambiente urbano sobre três pontos de vista: o ambiente natural, o ambiente construído e o ambiente socioeconômico (SRINIVAS, 1997).

1. **O ambiente natural** - os recursos, processos e efeitos relacionados à flora e fauna, seres humanos, minerais, água, terra, ar, etc.
2. **O ambiente construído** - os recursos, processos e efeitos relacionados a edificações, sistema viário, abastecimento de água, energia, gás, etc.
3. **O ambiente socioeconômico** - os recursos, processos e efeitos relacionados às atividades humanas, educação, saúde, arte e cultura, atividades comerciais e econômicas, heranças e estilo de vida urbana em geral.

A intersecção e sobreposição destas três dimensões constitui o ambiente urbano. A interdependência e a interdisciplinaridade destas três dimensões devem ser plenamente entendidas, no desenvolvimento de políticas e programas coerentes e sustentáveis para o ambiente urbano.

Um ecossistema urbano (Quadro 5) apresenta recursos, processos e efeitos dentro de um sistema coerente de trocas, fazendo uso de subprodutos e/ou energia, com o objetivo no aumento da quantidade e dos tipos de processos de produção, que tenham valor de mercado, e objetivando a redução:

- no uso de materiais primários, como introdução de recursos;
- no uso de energia objetivando aumento da eficiência;
- no volume de resíduos que requerem disposição, com o adicional benefício de diminuir a poluição;

Quadro 5 – Recursos, processos e efeitos dos ecossistemas urbanos

<b>Recursos</b>	<b>Processos</b>	<b>Efeitos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos Humanos</li> <li>• Luz Solar</li> <li>• Terra</li> <li>• Água</li> <li>• Minerais</li> <li>• Eletricidade</li> <li>• Combustível</li> <li>• Finanças</li> <li>• Produtos Intermediários</li> <li>• Materiais Recicláveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufatura</li> <li>• Transporte</li> <li>• Construção</li> <li>• Migração</li> <li>• Crescimento Populacional</li> <li>• Residentes/ Moradores</li> <li>• Serviços Comunitários (Educação, Saúde)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efeitos Negativos – Poluição – ar, água, ruído; Geração de Resíduos – lixo, esgoto; Congestão, superlotação</li> <li>• Efeitos Positivos – Produtos, adição de valor, aumento na base do conhecimento/ educação, acesso a melhores serviços</li> </ul>

Fonte: UNEP-IETC, (2002).

Políticas ambientais devem ser baseadas na compreensão das causas da degradação ambiental, nos impactos ambientais e no custo efetivo das soluções, bem como nas incertezas associadas a estes. As políticas devem também contribuir para o entendimento dos assuntos ambientais por parte do grande público, através do acesso aberto à informação e aos processos de decisão. A operacionalização de políticas ambientais, portanto, requer a integração dos fatores econômicos, ambientais, sociais e culturais inter-relacionados.

Uma cidade deve ter infra-estrutura adequada e flexível para suportar as necessidades de sua população e as necessidades do ecossistema como um todo. Em vista do sistema global, as cidades devem utilizar somente recursos renováveis e/ou recicláveis, e não gerar poluição maior do que a possível de ser assimilada pela natureza.

O desenvolvimento de cidades como um ecossistema sustentável requer o aumento radical na produtividade do uso de recursos e dos bens e serviços produzidos. Isto requer mudanças na produção, no projeto e na tecnologia, estendendo a utilidade de energia, minerais, água e outros recursos naturais. Em sistemas fechados cada produto volta sem provocar danos ao ecossistema ou inicia um outro processo; isto requer que os sistemas de consumo e produção sejam modelados como um ecossistema cíclico da própria natureza.

São necessários estudos multidisciplinares dos sistemas urbanos e econômicos, e seu encadeamento com os sistemas naturais. Pesquisas no uso e no suprimento de energia, novos materiais, novas tecnologias e sistemas tecnológicos são fundamentais para melhor entendimento dos assuntos envolvidos.

Em um amplo sentido, a abordagem do ecossistema deve ser aplicada em todos níveis de consumo de recursos da cidade – no projeto e na construção de edificações e em seu uso, nos assuntos de macroescala do planejamento e desenvolvimento urbano, no gerenciamento urbano e na rede de infra-estrutura (sistema viário, eletricidade, gás, telecomunicações, educação, saúde).

Na abordagem do ecossistema urbano é necessário levantar alguns temas:

- **A identificação dos princípios ecológicos das cidades**

Compreendendo a dependência dos residentes na cidade não só de seu interior imediato, mas também de outros locais para sua vida diária, desenvolvendo um conceito de ecossistema urbano – onde os recursos são usados e despejos e poluição gerados.

- **A consideração das tendências globais nas atividades locais**

É clara a necessidade de associar os problemas do ambiente global para a ação em nível local. Muitos dos problemas globais são de fato resultado de muitas

pequenas ações locais, portanto o ecossistema urbano precisa considerar assuntos e tendências globais.

- **A participação de todos os atores locais**

Claramente para os participantes, o gerenciamento do ecossistema urbano é complexo e não é somente o governo local, que deve resolver os problemas de nível local. Todos os atores locais – empresários, ONGs, grupos de cidadãos, escolas e universidades, etc. – necessitam ser envolvidos na participação para que as forças e capacidades de cada ator possam superar as negligências ou deficiências de outro ator, para deste modo conduzir a melhor ação de consenso.

- **A pesquisa científica aprofundada**

A pesquisa científica e tecnológica aprofundada é de suma importância para a abordagem do ecossistema urbano com o objetivo de entender as causas e os efeitos de nosso estilo de vida cotidiano e nortear o desenvolvimento de políticas para a cidade sustentável.

- **A integração de ações para o gerenciamento ambiental**

Projeto, planejamento, implementação e gerenciamento urbano – particularmente de infra-estrutura – são fragmentados e descoordenados. Está claro que a natureza do ecossistema urbano necessita de uma abordagem integrada para o gerenciamento ambiental da cidade.

A cidade é uma forma única de ambiente natural, construído e cultural. As cidades podem gerar características climáticas como ilhas de calor urbano, túneis de vento criados por grandes edifícios, efeitos de inversão do ar, que podem intensificar problemas ambientais. A urbanização transforma a natureza pela poluição, mudanças no sítio e no funcionamento dos ecossistemas locais, alterando os fluxos naturais de energia, água, alimento e materiais. As cidades constituem, além da acumulação do ambiente construído, um importante ambiente cultural; e socialmente e economicamente são consideradas a base para o desenvolvimento das civilizações.

O ambiente urbano é complexamente estruturado em uma rica mistura de dimensões naturais, construídas, econômicas, sociais e culturais. Por conveniência, o ambiente urbano pode ser definido como constituído de componentes naturais, construídos e sociais. O ambiente natural inclui: ar, água, terra, clima, flora e fauna;



o ambiente construído engloba: edificações, infra-estrutura e espaços urbanos abertos; a componente social é mais sutil, envolvendo valores comunitários como: qualidade estética, agradabilidade, estilos arquitetônicos, heranças culturais, valores, condutas, leis e tradições.

Uma cidade sustentável não deve ser vista como uma entidade, nem um ponto final, e sim como um processo contribuindo para o desenvolvimento sustentável global. Isto implica em um estado de equilíbrio dinâmico com o ambiente global, não simplesmente um estado de equilíbrio local.

Segundo Girardet (1996), no contexto urbano, sustentabilidade significa uma ampla variedade de metas, tais como:

- orçamento de recursos;
- conservação de energia e eficiência;
- tecnologia de energia renovável;
- estruturas construídas para longa duração;
- proximidade entre moradia e trabalho;
- eficiente sistema público de transporte;
- redução de resíduos e reciclagem;
- compostagem de resíduos orgânicos;
- metabolismo circular;
- abastecimento de comida, principalmente de fonte local.

O desenvolvimento sustentável de cidades, segundo Barnett (1993), é possível, mas requer quatro políticas para gerenciamento do crescimento regional e do projeto local:

1. leis estabelecendo limites de crescimento ao redor das cidades existentes e relacionando novas ocupações à disponibilidade de infra-estrutura e instalações públicas;
2. zoneamento local vinculado diretamente à capacidade de suporte da paisagem natural e do meio ambiente;
3. políticas públicas que façam da criação de comunidades o objetivo primário da lei de desenvolvimento;

4. recuperação da paisagem em áreas urbanas degradadas e outras políticas para restaurar a vitalidade de antigas cidades.

Higuera (1997), analisando planos de desenvolvimento urbanístico em 50 cidades de diversos países, observou a existência das seguintes linhas comuns para alcançar o equilíbrio urbano-ambiental:

- reconsiderar os assentamentos globalmente e concretizar as linhas de atuação de maneira totalmente particularizada à sua situação. Não cabem soluções gerais. Cada sítio com seu entorno e características necessitará de medidas específicas, dentro de sua própria integração territorial com outros assentamentos;
- abandonar a filosofia de separação de zonas. Ao contrário, potencializar os usos mistos e a diversidade de atividades concentradas nos centros urbanos, para reduzir viagens e o consumo de energia para o transporte, fomentando os caminhos de pedestres;
- integrar, ampliar e projetar convenientemente a rede de espaços livres urbanos, como um sistema capaz de corrigir e amenizar os rigores das condições ambientais, além de servir como espaços de relação e uso social. Emprego de espécies nativas, aclimatadas e com menor necessidade de cuidados, ou de água;
- planejar com densidades moderadas ou altas, diante da baixa densidade de residências unifamiliares dispersas, cujos custos de infra-estrutura, energia e impactos sobre o meio ambiente são muito elevados;
- aproveitar os recursos naturais; Sol, vento, água de chuva, e controle sobre os resíduos sólidos; reciclagem, incineração, compostagem, etc.

Um sistema urbano sustentável requer mais que um novo modelo, demanda uma abordagem organizacional completamente nova. Na maioria das cidades, moradia, parques, saúde, emprego, transporte, eletricidade, água, gás, disposição de resíduos e esgoto são todos organizados por companhias ou departamentos separados, com limitadas ligações entre estes. Esta estrutura rígida é a principal barreira para maior sustentabilidade urbana. Com a colaboração os departamentos da cidade poderiam conseguir um uso mais eficiente dos recursos.

A eqüidade inter-geracional necessariamente requer uma perspectiva de longa duração no gerenciamento ambiental. O conceito de desenvolvimento sustentável urbano deve ter em sua essência a necessidade de considerar em termos de longa duração o desenvolvimento da cidade e sua grande região, com os desenvolvimentos de curta duração derivados e consistentes com os objetivos de sustentabilidade em longo prazo.

A cidade não é o único nível que necessita de estratégias de longa duração, mas talvez seja o mais importante. Uma visão estratégica de longa duração para cada cidade deve ter o objetivo principal de aumentar a qualidade de vida para os residentes presentes e futuros e contribuir para a sustentabilidade global. A qualidade de vida urbana, entretanto, é determinada por uma ampla variedade de fatores. Isto necessita ser considerado para a formulação da visão estratégica, que inclui a priorização das preocupações e ações ambientais.

Cidade sustentável é onde as comunidades e os empresários se empenham continuamente em melhorar o ambiente natural, construído e cultural, em nível local e regional, sempre objetivando o desenvolvimento sustentável global.

As diretrizes para o desenvolvimento sustentável em cidades são divididas em três categorias, segundo Haughton & Hunter (1994): ecológicas, socioeconômicas e de gestão, conforme os Quadros 6, 7 e 8. Estas diretrizes são uma sugestão, não uma proposição definitiva. Com as mudanças ambientais e o aumento dos impactos antrópicos no meio ambiente, as diretrizes para o desenvolvimento sustentável também devem se adaptar.

## Quadro 6 – Sumário de diretrizes ecológicas para o desenvolvimento urbano sustentável

**Prevenção é melhor que correção.** Ênfase no princípio da precaução no desenvolvimento urbano; Avaliações de Impactos Ambientais devem ser realizadas em projetos importantes de desenvolvimento.

**Nada está isolado.** Devem ser consideradas as implicações locais, regionais e globais das atividades e políticas urbanas.

**Minimizar desperdícios.** Na direção de melhorar o equilíbrio urbano deve-se maximizar a reutilização e a reciclagem de materiais, minimizar desperdícios de recursos e encorajar o uso de produtos com longa durabilidade.

**Maximizar o uso de materiais renováveis e recicláveis.** O uso de tecnologias com baixo ou nenhum desperdício deve ser especialmente encorajado; maximizar o uso de recursos renováveis dentro de limites sustentáveis.

**Manter e aumentar o requisito de variedade.** Isto deve ser encorajado nos ambientes natural, cultural e econômico.

**Identificar e respeitar as tolerâncias ambientais local, regional e global.** Isto assegura que o desenvolvimento urbano esteja sensível à capacidade local e global de interação com a alteração provocada pelas perturbações ambientais.

**Aumentar a compreensão do meio ambiente através da pesquisa.** Isto assegura que as complexas interdependências do meio ambiente com a economia serão mais bem entendidas para servir como base de informação para tomadas de decisão.

Fonte: Haughton & Hunter, (1994).

O Quadro 7 cobre as principais diretrizes relativas ao controle do abuso do meio ambiente por indivíduos e empresas, assim como a interdependência entre meio ambiente e economia.

### Quadro 7 – Sumário das diretrizes econômicas e sociais para o desenvolvimento urbano sustentável

**Uso de tecnologias, materiais e projetos apropriados.** Isto é particularmente útil quando soluções locais de baixo custo levam vantagem sobre modelos caros importados.

**Criação de novos indicadores para riqueza ambiental e econômica.** Reavaliar o Produto Interno Bruto – PIB como indicador de saúde nacional primário e que ignora valores do capital ambiental.

**Criação de novos indicadores da produtividade ambiental e econômica.** Isto estimulará a troca da produção esbanjadora e do insustentável uso de recursos não renováveis; a produtividade deve ser medida como o resultado da introdução de recursos naturais.

**Estabelecimento de níveis mínimos aceitáveis por controles reguladores.** Desenvolver incentivos de mercado sempre acompanhados de leis auxiliares que regulamentem padrões mínimos de qualidade ambiental.

**Ação contínua para internalizar custos ambientais no mercado.** Esta diretriz é a mesma do conhecido princípio ambiental do “poluidor pagador” e do “usuário pagador”.

**Garantia de aceitabilidade social para as políticas ambientais.** Políticas planejadas para melhorar o ambiente urbano não devem resultar em declínio na qualidade de vida de grupos prejudicados, tanto em cidades como globalmente.

**Participação pública difundida.** Deve ser estimulada na formulação de estratégias, implementação de políticas e gerenciamento de projetos.

Fonte: Haughton & Hunter, (1994).

Muito do sucesso, ou fracasso, das políticas de melhorias do ambiente urbano depende do modo como estas políticas são planejadas, implementadas, coordenadas e monitoradas. Os princípios de gerenciamento esboçados no Quadro 8 indicam diretrizes para a efetiva administração de melhorias em áreas urbanas.

### Quadro 8 – Sumário dos princípios do guia de gerenciamento para o desenvolvimento urbano sustentável

**Subsidiaridade.** A responsabilidade pela implementação e pelo gerenciamento dos programas ambientais urbanos deve ser do nível de governo mais próximo possível da Comunidade.

**Flexibilidade na criação e implementação de regimes de políticas ambientais.** O ataque a problemas ambientais é facilitado pelo uso de vários instrumentos (legislação, mercado, fiscalização), permitindo flexibilidade para encontrar necessidades locais.

**Estratégias de longa duração são necessárias para o gerenciamento ambiental.** Isto requer uma visão estratégica centrada na melhoria da qualidade da vida urbana, encorajando os residentes a “pensar globalmente; atuar localmente”.

**Aperfeiçoamento da coordenação através de políticas ambientais relacionadas.** Uma boa coordenação inter e intragovernamental pode ampliar a complementaridade entre o ambiental e outras políticas e na associação público-privado.

**Não-discriminação e direito igual da audiência.** Isto assegura que as emissões de poluição trans-fronteiras possam ser resolvidas por todos os afetados com base em direitos iguais.

**Necessidade de fácil acessibilidade e entendimento da informação ambiental.** Comunidades e empresas devem ter direito a serem informadas das conseqüências do desenvolvimento de propostas, incluindo, se necessário, aquelas fora das fronteiras nacionais. A facilidade do acesso à informação é também importante para a melhora na tomadas de decisões.

Fonte: Haughton & Hunter, (1994).

Muitas das diretrizes citadas nos Quadros 6, 7 e 8, são aceitas e difundidas; algumas já estão incluídas na legislação e incorporadas pelo poder público. A principal exceção é a necessidade da criação de novos indicadores econômicos e ambientais.

A realidade tem provado ser o desenvolvimento sustentável um conceito de difícil entendimento e de difícil consecução; a complexidade aumenta quando esse conceito é introduzido na problemática urbana (ULTRAMARI, 1999a).

Segundo Pickett et alli (1999), para o completo entendimento da cidade como um sistema ecológico devem ser incluídos estes aspectos: (a) a cidade como um sistema de fluxo de entradas e saídas; (b) como uma paisagem espacialmente organizada; (c) como um sistema socialmente estruturado; e (d) como um sistema dinâmico não equilibrado.

Cidades, são sistemas abertos, com uma dependência profunda e complexa de fatores externos. Isso, sem dúvida, agrega dificuldades aos esforços de se avançar para a sustentabilidade urbana (um princípio profundamente relacionado com a auto-suficiência, o consumo e a disposição dos resíduos criados ocorrendo completamente no interior de um mesmo espaço). Um desenvolvimento sustentável nas cidades sofre, assim, a contradição imposta por aspectos intrínsecos a esses espaços:

- sistemas urbanos são incapazes de satisfazer todas as necessidades humanas, fazendo-os dependentes de outros sistemas;
- sistemas urbanos são grandes consumidores de energia. Exemplos de energia sendo produzida localmente são ainda raros e até então nunca experimentados em grande escala com resultados positivos;
- sistemas urbanos produzem uma enorme quantidade de lixo, o qual não pode ser inteiramente metabolizado em seus limites de espaço construído. Vale lembrar que tais limites também se caracterizam pela “drenagem” de energia e de recursos de espaços não urbanos;
- a expansão urbana provoca profundas mudanças na ocupação da terra e no uso do solo, com impactos sobre o sistema natural, como áreas de preservação e agrícolas.

Todas estas características sugerem, pois, que as cidades sejam um sistema longe de ser naturalmente sustentável e que qualquer tentativa nesse sentido seria extremamente difícil; o que poderia fazer crer que não seria correta a expressão desenvolvimento urbano sustentável.

Apesar de todas essas limitações teóricas e práticas em contrário à adoção do conceito de sustentabilidade no espaço urbano, exemplos de esforços sérios, caracterizados pela busca do desenvolvimento sustentável em áreas urbanas,

podem ser encontrados em diversas localidades do mundo. Conhecidas como boas práticas, tais experiências são limitadas em termos de espaço, de tempo e setoriais, mas têm provado ser uma ferramenta importante para um desenvolvimento sustentável: parcial e limitado, porém possível.

Os conceitos de desenvolvimento sustentável em cidades e de cidades sustentáveis são diferentes. **Desenvolvimento sustentável** indica um processo a ser seguido, a partir de compromissos ambientais e sociais com as gerações contemporânea e futura. **Cidades sustentáveis** indica uma realidade já determinada, na qual se observa um equilíbrio entre o produzido e o consumido pela cidade, sem quaisquer impactos no montante de recursos ambientais hoje disponíveis. Muitas cidades que poderiam ser julgadas positivamente pelo critério do desenvolvimento podem apresentar alguns dos mais altos índices de retiradas de recursos da natureza.

Assim, a dialética do urbano contemporâneo – constituindo espaços profundamente dependentes de grandes recursos e energias externas, mostrando-se inviáveis em termos ambientais, ao mesmo tempo em que são pressionados para a adoção de um modelo de auto-sustentabilidade de difícil consecução na prática – certamente definirá a possibilidade de se ter ainda cidades produzindo civilização, história e modernidade.



## 2.6 Planejamento ambiental e urbano

As sociedades reconhecem que o deixar acontecer não é um método apropriado para o gerenciamento da paisagem, sendo necessária alguma forma de planejamento do uso do solo. Para conseguir este planejamento, com as rápidas mudanças no sistema social e da paisagem, são necessários alguns recursos disponíveis. Noble (1996) sugere quatro principais recursos:

1. informação atualizada sobre o uso do solo;
2. informação sobre usos alternativos e quais as prioridades dos indivíduos e da sociedade;
3. habilidade de prever as conseqüências do uso proposto;
4. metodologia para implementar o uso escolhido através do sistema administrativo.

A efetividade de um novo gerenciamento pelas instituições depende fortemente que o planejamento faça uso sistemático da informação que caracterize qualidade ambiental. Segundo Ortolano (1984), duas idéias são fundamentais na discussão de técnicas para desenvolvimento de planos de uso do solo. A primeira é que características hidrológicas, geológicas, biológicas e outras, observadas em conjunto, indicam o tipo de uso intrinsecamente satisfatório de cada parcela da terra. A segunda é o conceito de capacidade de suporte, os limites de crescimento que uma determinada área pode acomodar, sem agredir os objetivos de qualidade ambiental. Análises de capacidade de suporte e de uso intrinsecamente satisfatório da terra possibilitam uma maneira sistemática da utilização da informação ambiental para guiar o planejamento.

Para a cidade ser construída em bases ecológica e socialmente saudável, torna-se indispensável o entendimento do funcionamento dos processos naturais no planejamento ambiental e no projeto urbano.

Equipes de planejamento podem ser multidisciplinares ou interdisciplinares. Membros de grupos multidisciplinares contribuem para um estudo somente dentro de suas áreas de especialização. Em contraste, membros de um grupo interdisciplinar participam em todos os aspectos de um estudo. A interdisciplinaridade permite que diferentes especialistas trabalhem juntos e contribuam no conceito do grupo para os objetivos do estudo, a formulação de planos alternativos e a avaliação e priorização dos planos. O discernimento de vários indivíduos são sintetizados, obtendo-se uma perspectiva integrada, que é mais ampla e mais fundamentada que a de qualquer membro da equipe.

Berry et alli (1996) propõem o sistema de análise de mudança do uso do solo LUCAS (Land-Use Change Analysis System), que é um bom exemplo, no qual economistas, sociólogos e ecologistas constroem um modelo integrado respeitando os tipos de informação gerados por cada subgrupo (Figura 9)

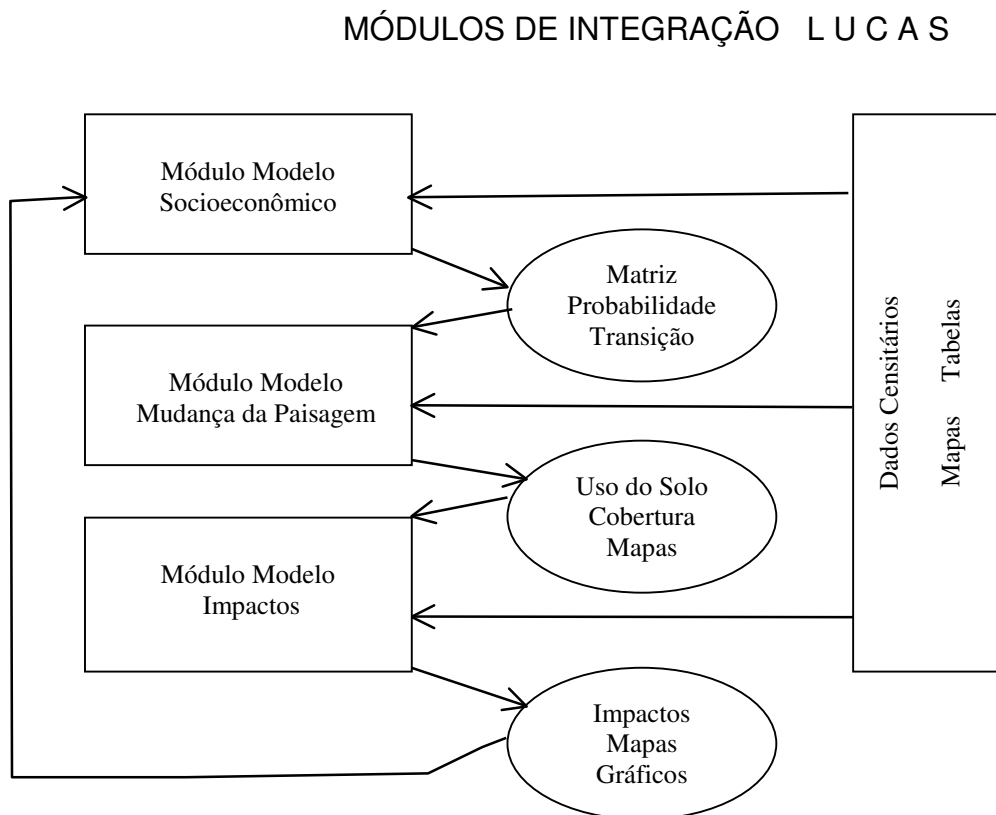


Figura 9 – Modelagem ambiental LUCAS

Fonte: Berry et alli (1996).

Já para Harashina (1996), um planejamento ambiental eficaz requer a sobreposição e a interação entre três componentes – “hardware”, “software” e “heartware” (Figura 10).

1. Hardware – consiste no tecido físico da cidade: infra-estrutura, edificações, estradas de ferro, rodovias, portos, etc.
2. Software – consiste no conjunto de regras, regulamentos, leis e legislação, decretos, incluindo hábitos, ética e tradições estabelecendo códigos de conduta.
3. Heartware – é o mecanismo emocional do indivíduo, o comportamento e a conduta, que determina seus desejos, necessidades e anseios. Também determina os processos pelos quais se dá a interação do indivíduo com o ambiente circundante.

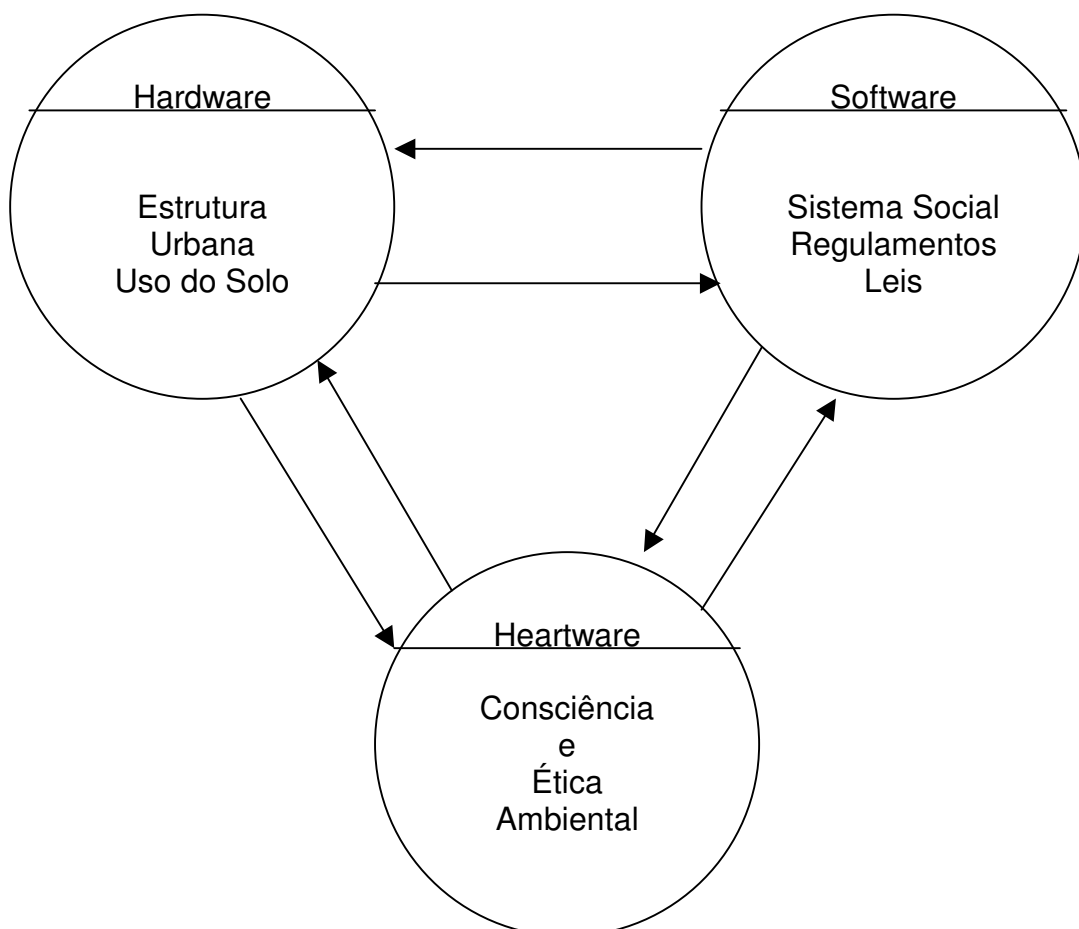


Figura 10 – Interação entre hardware, software e heartware.  
Fonte: Harashina, (1996).]

O planejamento ambiental é necessário para cumprir três funções:

1. a coordenação e criação de políticas cobrindo os diferentes períodos de tempo e de escalas espaciais;
2. a identificação de objetivos apropriados e de métodos para implementá-los;
3. o monitoramento e a avaliação dos resultados.

O planejamento ambiental tem uma ampla abordagem para gerenciamento ambiental que, segundo Blowers (1993), tem três características básicas.

### **1. Levar em conta as incertezas futuras com precaução apropriada.**

O princípio de precaução indica que a ação deve ser tomada onde haja grande embasamento para julgar que a ação tomada prontamente pode evitar prejuízos maiores depois, ou que efeitos irreversíveis possam se seguir caso a ação seja demorada. A ação precautória pode ser necessária até mesmo quando o conhecimento científico não é conclusivo.

### **2. Refletir a natureza integrada dos processos ambientais e políticos.**

O planejamento ambiental integrado tem três características:

1. os processos ambientais realizam trocas de formas e de meio. A poluição pode adotar diferentes formas e passar pelos diferentes meios como ar, terra e água;
2. a política ambiental deve ter natureza trans-setorial. Áreas como transportes, energia e agricultura são diretamente relacionadas ao uso do solo, à conservação e à qualidade ambiental, devendo possuir uma política de integração horizontal;
3. os limites dos processos ambientais e a possibilidade de cruzar fronteiras políticas. Políticas devem ser integradas verticalmente entre os diferentes níveis de governo.

### **3. Escolher uma visão estratégica de tomadas de decisão.**

A necessidade de serem criadas em todos os níveis instituições com suficiente autoridade, para a introdução de políticas de curto prazo que assegurem sustentabilidade de longo prazo dos recursos ambientais da Terra.

O direito das propriedades pública e privada é o centro do problema do desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade requer restrições no uso da propriedade privada, limites no desenvolvimento e no acesso a recursos ambientais.

O desenvolvimento sustentável requer mudanças substanciais de conduta em todos os níveis, dando prioridade ao planejamento, à comunidade e principalmente aos ideais de igualdade.

A preservação e proteção da natureza pode ser sustentada, dentro do contexto dos valores atuais, se guiada por valores morais e estéticos, pela necessidade absoluta de preservar a diversidade genética e pela manutenção de opções abertas para o futuro. Atualmente é imprescindível que os processos naturais dentro das cidades se convertam no tema central do desenho urbano. As convenções e regras dos valores estéticos só têm valor quando situados no contexto ambiental correto.

As atitudes e as percepções do meio ambiente expressas no planejamento urbano desde o Renascimento foram centradas, com poucas exceções, em ideais utópicos, mais que nos processos naturais como determinantes da forma urbana. Quando se consideram o crescimento da população urbana e o grande impacto das atividades humanas nos ecossistemas, está clara a ligação entre natureza, cidade e sustentabilidade. A tendência de considerar os fenômenos naturais como eventos estáticos é a origem de muitos erros de julgamento no planejamento. Quando a natureza é encarada como dinâmica, a tentativa de congelar a paisagem no tempo fica sem sentido (HOUGH, 1995).

Os diferentes tipos de paisagem são consequência das forças naturais e antrópicas que lhes deram origem: a elevação geológica e a erosão das montanhas, o ciclo hidrológico e as forças da água que dão forma à terra, a diversidade de plantas, animais e pessoas sobre a terra. A forma de um lugar revela sua história natural e humana, e o ciclo contínuo dos processos naturais.

As formas urbanas da mesma forma são a consequência do constante e evolucionário processo alimentado por mudanças econômicas, políticas, demográficas e sociais; novas construções substituem antigas, e velhas edificações

são adaptadas para novos usos, os bairros mudam por decadência ou renovação urbana.

Paisagens criadas pelo homem são diferentes das originais, mas podem resultar num ambiente diversificado e saudável. Historicamente as civilizações modificaram o ambiente natural para sua sobrevivência, geralmente sem consciência dos efeitos de suas atividades sobre o ambiente.

Monteiro (1995) assume o homem como agente “derivador” da natureza, explicando a vantagem de que o sentido lingüístico do radical (raiz) da palavra “derivar” como “primitivo”, núcleo das subseqüentes “derivações”, é adequado, com a vantagem de que a semântica de “derivar” não assume juízo de valor, já que a derivação pode ser tanto positiva como negativa.

Os processos naturais e antrópicos trabalham continuamente modificando o ambiente. É necessário que se planejem as ações humanas considerando a dinâmica ambiental para obter mudanças benéficas e sustentáveis. O importante é que na criação de novas paisagens se reconheça a interdependência do homem e da natureza nas realidades ecológicas, econômicas e sociais da cidade.

A tendência é pensar que projetos ambientais são processos que tentam minimizar a destruição de ecossistemas. Esta idéia sugere a aceitação de valores negativos, baseada nas experiências do passado. Este pensamento inibe soluções criativas de tentar a integração do desenvolvimento humano com a preservação ambiental.

“Alterar o meio original da melhor forma possível e administrar tais mudanças é uma nova prática que vem substituindo a posição de alterar o meio o mínimo possível. Esta posição quase tradicional vem se mostrando inconseqüente e, por vezes, até irresponsável” (PRANDINI & NAKAZAWA, 1996, p41).

Muitas das idéias preservacionistas sobre o mundo natural se baseiam em concepções de uma natureza intocada e não domesticada, na noção de equilíbrio dos ecossistemas, dificilmente encontráveis mesmo nas florestas tropicais. A nosso

ver devem-se rejeitar tanto a visão utilitarista da conservação, pela qual qualquer impacto de atividades humanas pode ser revertido pela tecnologia moderna, quanto a visão estritamente preservacionista baseada no pressuposto de que, colocando-se de lado áreas naturais para conservação, automaticamente se garantirá a integridade biológica. Em países subdesenvolvidos a conservação poderá ser melhor conseguida com a real integração e participação das populações tradicionais que, em grande parte, foram responsáveis pela diversidade biológica que hoje se pretende resguardar (DIEGUES, 1994).

A gênese mesmo das atividades econômicas é conflitante com os interesses ambientais, pois a escala com a qual a economia (o mercado, enfim) trabalha é a escala do lucro, e esta deve ser imediata e sempre garantida. Para o meio ambiente, a escala que deve ser adotada é a do homem e a da sua sucessão (sem entrarmos aqui na idéia de preservar o meio ambiente pela sua própria existência, o que exigiria uma escala infinita e onde nada deveria ser alterado). É evidente, no entanto, que para fazer frente aos interesses do lucro, correções e incentivos podem ser adotados pelo Estado, mas o que deve ficar claro é que o mercado, por iniciativa própria, não conta com atrativos para agir em prol da conservação da natureza; se o faz, é devido a perspectivas de lucro aí vislumbradas (ULTRAMARI, C. 1999b).

O progresso deveria manter e reutilizar os recursos considerando um benefício e não um custo; os processos naturais devem interiorizar-se dentro das atividades humanas. No passado as maiores lutas ambientais eram fora das cidades; atualmente os ecologistas, os governos e a indústria reconhecem a grande importância de se desenvolverem cidades mais sustentáveis.

Segundo Newman & Kenworthy (1999), é possível definir como meta de sustentabilidade na cidade a redução do uso de recursos naturais e da produção de resíduos, o que melhora a habitabilidade, de forma apropriada à capacidade dos ecossistemas local, regional e global, como mostrado no Modelo Estendido de Metabolismo de Assentamentos Humanos na Figura 11.

A habitabilidade é relativa ao ambiente humano, embora nunca possa ser separada do ambiente natural. Assim a sustentabilidade para a cidade não é

somente a redução dos fluxos metabólicos (uso de recursos e produção de resíduos), mas também o aumento da habitabilidade (igualdade social, saúde e bem-estar).

Uma cidade sustentável deve aprender a constantemente combinar seu planejamento físico e ambiental com seu planejamento social e econômico, realizando um planejamento integrado. A participação comunitária é essencial, mas os técnicos sempre são necessários para a criação de cidades mais sustentáveis.

Para que os cidadãos queiram viver na cidade as condições de habitabilidade e qualidade de vida têm que satisfazer suas expectativas e desejos. O problema é que as idéias dominantes, os propósitos conscientes que formam a qualidade de vida dos indivíduos estão baseados na competitividade, no poder, na individualidade e na cultura do ter, relegando cada vez mais as idéias de cooperação, da dependência e da solidariedade. Resolver os problemas da cidade supõe melhorar a habitabilidade e, com ela, a qualidade de vida. A qualidade de vida dos cidadãos depende de fatores sociais e econômicos, como também das condições ambientais e físico-espaciais. O traçado das cidades e sua estética, as regras de uso da terra, a densidade populacional e de edificações, a existência de equipamentos básicos, o acesso fácil aos serviços públicos e às atividades próprias dos sistemas urbanos têm importância capital para a habitabilidade dos assentamentos urbanos. (NAREDO & RUEDA, 1999).



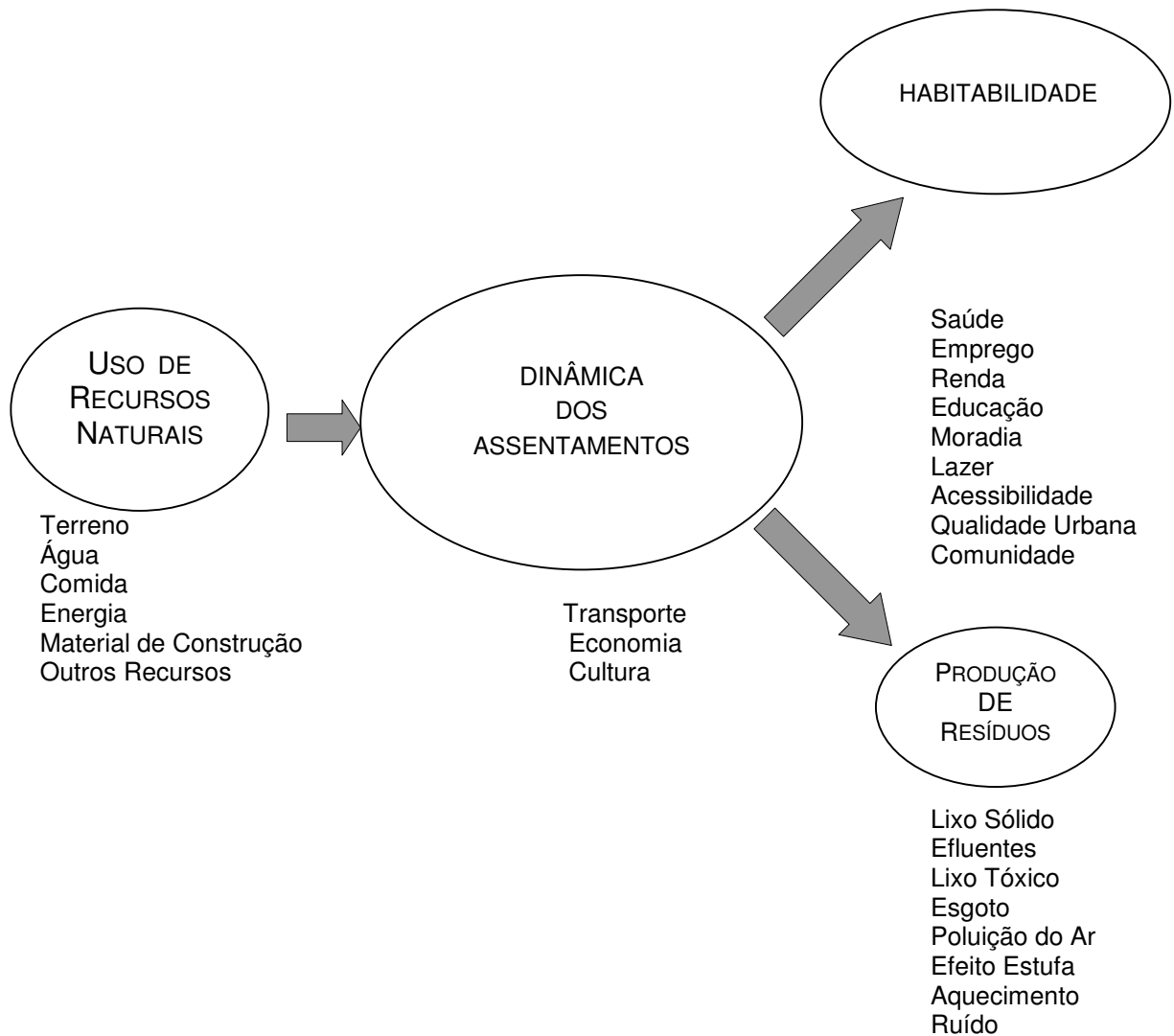


Figura 11 – Modelo de metabolismo estendido para assentamentos humanos.

Fonte: Newman & Kenworthy, (1999).

Pensar em desenvolvimento socioeconômico ecologicamente sustentável pressupõe, acima de tudo, uma nova ordem: uma revolução no mundo das idéias que embasa a consciência social e a cooperação humana fundadas numa ótica de sobrevivência voltada para uma biosfera estável, na qual a disponibilidade de conhecimento científico e a geração de tecnologias adequadas são passos essenciais, na cidade, e pressupõem resgatar o lugar perdido dos sonhos, da convivência, da troca (MELLO, 1994).

A justiça social na cidade está intimamente ligada à proteção ao meio ambiente, pois só esta permite assegurar às gerações presentes e futuras uma qualidade de vida condizente com o atendimento às necessidades básicas de toda a população (GONDIM, 1994).

Todo processo de exploração significa tirar algo do ecossistema, alguma coisa que seria capitalizada por aquele e utilizado para progredir a sucessão, chegando a novas etapas de organização. Existe, então, uma oposição direta entre exploração e sucessão. Uma conservação total só é possível sem nenhuma exploração. Mas, muitas vezes, quando se fala de conservação é em sentido relativo, sem pretender chegar ao clímax, sem, por exemplo, manter um ecossistema com certa estrutura e certo nível de exploração sustentável. Sem dúvida isto pode ser difícil. A maior parte das áreas que na atualidade se propõem para serem conservadas são áreas residuais que não foram utilizadas há muito tempo por sua má qualidade ou situação. A maioria dos parques naturais estão nas montanhas ou em pântanos, terrenos que antigamente se havia conceituado como inóspitos. A exploração foi mais intensa onde o sistema era mais produtivo e menos intensa nas regiões agrestes e nos solos mais pobres.

Embora conceituada como um ecossistema específico – o Ecossistema Urbano, a cidade nem sempre é percebida como tal. Por um lado, não há como desconhecer a resistência de certos setores ambientalistas conservacionistas que encaram o processo de urbanização como a destruição da natureza e não como a transformação que o homem opera no meio ambiente natural para construir o seu habitat. Por outro lado, ainda prevalece uma forma de pensar compartimentada em detrimento de uma visão sistêmica, mais atual e dinâmica que procura estabelecer a inter-relação e a integração entre as diversas áreas de conhecimento. É fundamental que esta visão compartimentada sobre a questão ambiental seja rompida, e se aproxime da prática a tão propalada visão holística do meio ambiente (XAVIER, 1992).

Os aspectos relativos ao uso e à ocupação do solo urbano que resultam em problemas ambientais estão intimamente associados à concentração de população

no espaço e à omissão do Poder Público em exercer seu papel regulador e fiscalizador do processo de apropriação e construção do espaço da cidade.

Cada espaço, por pequeno que seja, deveria ser tratado com a atenção para converter-se num espaço de qualidade e de identificação positiva. As áreas degradadas pelo efeito da ação humana se incrusta no inconsciente coletivo na mesma medida que a própria degradação. A ação de transformação deve buscar a qualidade, inclusive das menores porções.

É desperdício de espaço que oferece espaços atrativos limitados, espaços que podem coincidir com zonas reduzidas de uma grande complexidade, ou espaços para uma única função. Os espaços intersticiais entre os espaços funcionais, podem ter uma degradação manifestada.

Não se podem separar a utilização das terras (espaços naturais, espaços agrícolas e rurais, espaços urbanizados), a repartição das atividades (moradia, comércio, produção) e as infra-estruturas.

A ocupação urbana, quando descontrolada ou sem critérios, ou ainda com critérios que não contemplam a questão ambiental, provoca diversas ordens de conseqüências sobre o patrimônio natural e cultural, promovendo o desequilíbrio em relações harmônicas e gerando efeitos em escala que envolvem desde as distorções na paisagem natural e edificada, a ruptura nas relações culturais, até a ocorrência de catástrofes.

Os assentamentos humanos – povoados, cidades pequenas e médias, metrópoles e megalópoles – são construídos modificando ou transformando a natureza: a terra, o ar, a água, a flora e a fauna, servem de suporte a estas transformações e são transformadas por elas. O produto delas é um novo entorno construído, um ambiente “natural” novo que combina o social com o natural com altos padrões de densidade e centralidade: um meio ambiente urbano. Esse meio ambiente é a expressão concreta e dinâmica das unidades físico-espaciais, ecodemográficas, denominadas cidades. Do ponto de vista populacional e

econômico a cidade domina de forma crescente a existência do homem, e o processo de urbanização parece irreversível (ALLAN, 2000).

Se considerarmos o ambiente urbano como uma complexa relação entre os elementos de suporte oferecidos pela natureza (terra, água, ar, etc.) e o ambiente construído socialmente (a cidade e suas estruturas físicas, padrões sociais e culturais, etc.), a degradação será a totalidade ambiental: o natural e o social.

O desenvolvimento sustentável é a busca de uma certa harmonia entre a sociedade e o meio ambiente natural. A gestão ambiental urbana não se limita à gestão do meio ambiente natural, incluindo: o social e sacionatural; o econômico e o político; a educação e conscientização; e a região urbana como unidade de análise.

O manejo dos bens comuns e dos bens coletivos é o centro da preocupação da gestão ambiental urbana.

O conceito de bem comum refere-se aos bens da natureza (ar, água, terra, paisagem e outros), que existem sem um processo de produção social, que são indispensáveis para a existência humana, que não têm em princípio dono, mas dos quais o homem se apropria para seu uso.

Os bens coletivos se referem ao conjunto de infra-estruturas urbanas cuja produção em geral não pode ser individualizada ou parcializada e em geral são produzidas pelo Estado (vias urbanas, sistemas de esgoto, iluminação pública, habitação social, parques públicos urbanos, sistema de drenagem pluvial, etc.).

Conceber a produção da cidade como bem público implica que sua caracterização, sua problemática, seu governo e sua gestão devem ser encarados como tal.

A interdisciplinaridade é a chave para formular e mitigar os problemas relativos a desastres no âmbito urbano, sendo imprescindível para alcançar o manejo integrado da relação natureza-sociedade a presença do Estado (nível político), do trabalho

(nível econômico), da ciência e da técnica (nível científico-profissional) e das populações afetadas (nível social).

Os cidadãos (especialmente os planejadores) necessitam um novo modelo a seguir – baseado em princípios ecológicos e projetado para alcançar um metabolismo circular, que não existe ainda.

A emergência do movimento por sustentabilidade é inspirada na potencialidade de uma resposta holística para a crise ambiental, que necessita forte conexão entre natureza, cultura, valores, relações de poder e tecnologia. Sustentabilidade é uma idéia que absorve o desejo genuíno de criar culturas e lugares, com integridade suficiente para persistir no futuro.

A crise ambiental é de muitas formas uma crise do projeto (que é uma manifestação da cultura), é uma consequência de como as coisas são feitas, as edificações são construídas e as paisagens são utilizadas. Planejadores de cidades, engenheiros e outros projetistas têm utilizado soluções padrões, replicadas em vasta escala, que requerem enormes gastos de energia e recursos para serem implementados.

Van der Ryn & Cowan (1996), definem projeto ecológico como: o projeto que minimiza impactos negativos ao meio ambiente por sua integração aos processos naturais. Esta integração implica que o projeto respeite a diversidade das espécies, minimize a exaustão de recursos, preserve os nutrientes e os ciclos da água, mantenha a qualidade do hábitat e observe tudo o que possa afetar a saúde do homem e a preservação do ecossistema.

O projeto ecológico não é uma idéia nova, é simplesmente a efetiva adaptação e integração com os processos naturais, mas pode prover uma estrutura coerente para o projeto de paisagens, edificações, cidades e sistemas de energia, água, comida, manufaturas e resíduos.

Ao utilizar a ecologia como base para o projeto, pode-se minimizar drasticamente os impactos ambientais negativos em tudo o que se faça e se construa, para isso é

necessário integrar fortemente Ecologia a tecnologias, métodos de planejamento e políticas.

O projeto ecológico acontece no contexto de lugares específicos, responde às particularidades do local: solo, flora, fauna, clima, topografia, fluxo de águas e pessoas; busca adotar soluções locais que possam substituir matéria, energia e resíduos com projetos inteligentes. O Quadro 9 compara projeto ecológico e convencional em relação a alguns assuntos relevantes.

Quadro 9 – Características do projeto ecológico e do convencional

<b>Assunto</b>	<b>Projeto Convencional</b>	<b>Projeto Ecológico</b>
Fonte de energia	Geralmente não renovável e poluente, combustível fóssil ou nuclear; o projeto consome capital natural	Renovável quando viável: solar, eólica, hidroelétrica de pequena escala e biomassa; o projeto usa energia do Sol
Utilização de materiais	Materiais de alta qualidade são desperdiçados, resultando em materiais tóxicos e de baixa qualidade descarregados no solo, no ar e na água	Ciclo de materiais reciclados em que cada resíduo se torna insumo de outro processo; projeto de reutilização, reciclagem, flexibilidade, facilidade de reparar e durabilidade
Poluição	Copiosa e endêmica	Minimizada; escala e composição dos resíduos conformes com a capacidade de absorção do meio ambiente
Substâncias tóxicas	Comuns e destrutivas, variam de pesticidas a pinturas	Utilizadas de forma muito econômica em circunstâncias especiais
Contabilidade ecológica	Limitada à conformidade com exigências obrigatórias como relatórios de impacto ambiental	Embutida e sofisticada; amplo alcance dos impactos ecológicos, cobrindo o ciclo de vida do projeto, da extração dos materiais à reciclagem final dos componentes

<b>Assunto</b>	<b>Projeto Convencional</b>	<b>Projeto Ecológico</b>
Ecologia e economia	Percebidas como oponentes; visão de curto prazo	Percebidas como compatíveis; visão de longo prazo
Sensibilidade ao contexto ecológico	Modelos-padrão são replicados em todos os lugares sem considerar a cultura e o local	Considera a biorregião: projetos integrados a solo, flora, materiais, cultura, clima, topografia; as soluções nascem no local
Sensibilidade ao contexto cultural	Tendência a construir uma cultura homogênea global; aniquila a cultura local	Respeita e fomenta o conhecimento sobre lugar, materiais e tecnologias locais; fortalece a cultura local
Diversidade biológica, cultural e econômica	Projetos-padrão com alta energia e processamento de materiais, corroendo a diversidade biológica, cultural e econômica	Manutenção da biodiversidade; adaptado localmente à cultura e à economia que o apóiam
Base do conhecimento	Focado em disciplinas estritas	Projeto multiplamente integrado em disciplinas e ciências de amplo alcance; abrangente
Escala espacial	Tendência de trabalhar uma escala de cada vez	Projeto integrado através de escalas múltiplas, refletindo a influência da grande escala na pequena escala e da pequena na grande
Sistema inteiro	Divide os sistemas em limites que não refletem os processos naturais subjacentes	Trabalha com o sistema inteiro; projetos que provêm o melhor grau possível de coerência e integridade interna
Papel da natureza	Projeto imposto à natureza, provendo controle e previsibilidade, satisfazendo estritamente as necessidades do homem	A natureza incluída como parceira: sempre que possível, o projeto inteligente substitui a dependência de materiais e energia pela própria natureza

<b>Assunto</b>	<b>Projeto Convencional</b>	<b>Projeto Ecológico</b>
Metáfora subjacente	Máquina, produto, parte	Célula, organismo, ecossistema
Nível de participação	Confiança no jargão e em especialistas pouco dispostos a se comunicar com o público Envolvimento limitado da comunidade em decisões críticas do projeto	Compromisso claro com a discussão e o debate; todos são autorizados a participar no processo do projeto
Tipos de aprendizagem	Natureza e tecnologia são secretos; o projeto não é educativo	Natureza e tecnologia são visíveis; o projeto é esboçado intimamente com os sistemas que o mantêm
Resposta à crise de sustentabilidade	Visão de cultura e natureza como inimigas, tenta diminuir a taxa de perdas pela implementação de esforços moderados de conservação sem questionamento de suposições subjacentes	Visão de cultura e natureza como potencialmente simbióticas; procura práticas que regenerem ativamente a saúde humana e a do ecossistema

Fonte: Van der Ryn & Cowan, (1996).

Até recentemente a crítica pós-moderna não vinha sendo aplicada à cidade, provavelmente porque o movimento ambientalista só focou as cidades há pouco tempo; entretanto, agora, em todo o mundo, se pergunta como o ambiente das cidades pode melhorar.

A cidade ecológica não é um fenômeno novo, já houve várias tentativas nesse sentido, mas as qualidades das cidades orgânicas verdes se impõem agora, não só pelas doenças das cidades atuais, mas também porque a abordagem mecanicista, que dominou a construção da cidade no século passado, está superada.

Existem três importantes princípios nas cidades orgânicas verdes, que devem ser observados no urbanismo: a qualidade positiva da densidade em centros baseados na caminhada e subcentros ligados por trânsito; a qualidade positiva do uso do solo



misto; e as qualidades positivas dos processos naturais e comunitários na cidade (NEWMAN, 1997).

O povoado urbano é a escala humana, porque distâncias passíveis de andar a pé ou de bicicleta são as melhores em qualquer lugar; para que isso seja viável, as densidades devem ser suficientemente elevadas.

O zoneamento separando atividades, é uma tarefa mecanicista que não admite flexibilidade no uso do solo, resultando em uma cidade de baixa diversidade e maior tráfego, como também reduz a segurança e a atratividade das ruas locais.

Os processos naturais, incluindo sistemas de água, solo e ar, bem como flora e fauna, também fazem parte da cidade, e os processos comunitários sempre devem ser vistos como suporte para as funções do governo local.

Os Princípios de Planejamento Ecológico para o Desenvolvimento Sustentável, citados abaixo, foram criados pelo Plano dos Cidadãos do Município de Ventura, que foram responsáveis pelo planejamento ecológico para o desenvolvimento sustentável deste município, localizado no sul da Califórnia, Estados Unidos (WALTER et alli, 1993).

1. Proteger, preservar e restaurar o ambiente natural.
2. Estimar custos reais como base de viabilidade econômica.
3. Manter agricultura, negócios, produtos e serviços locais.
4. Agrupar a urbanização em usos múltiplos com ênfase no pedestre.
5. Utilizar sistemas de transportes, comunicação e produção avançados.
6. Maximizar a conservação e o uso de recursos renováveis.
7. Estabelecer programas de reciclagem e de indústrias de materiais reciclados.
8. Apoiar a participação comunitária.

É necessária uma nova forma de encarar os problemas urbanos, eficientemente integrada, mais sensível à Ecologia e à comunidade, com maior respeito às incertezas e mais aberta ao envolvimento do cidadão, que agora prevalece.

A Comissão Crombie, criada em 1988, inicialmente para solucionar os problemas da margem de Toronto, trouxe a idéia de planejamento ecossistêmico para as tomadas de decisão urbana no Canadá, criando diretrizes práticas para ligação entre economia, comunidade e Ecologia (GIBSON et alli, 1997).

O planejamento urbano convencional acredita que o crescimento com a expansão da atividade econômica, da população, da infra-estrutura, etc., é um benefício inerente e que os aspectos negativos podem ser minimizados por pequenos ajustes. A abordagem ecossistêmica reconhece que há tipos de crescimento opressivos ao poder de recuperação das comunidades e ecossistemas, criando sérios efeitos sociais, econômicos e ambientais adversos, difíceis de serem corrigidos ou adequadamente compensados.

O planejamento ecossistêmico está baseado na aceitação da dependência e da responsabilidade do homem perante a natureza. Isto acarreta respeito pelas complexidades ecológicas, pelos limites e incertezas, enfatizando objetivos de longa duração, dando atenção aos efeitos futuros das decisões do planejamento e favorecendo mecanismos de planejamento que sejam flexíveis o suficiente para responder a oportunidades e problemas não previstos.

Tensões entre objetivos econômicos e ecológicos podem surgir no planejamento ecossistêmico, mas, ultimamente, a preservação ecológica é considerada base essencial para ganhos sociais e econômicos e ao bem-estar da comunidade, reconhecendo-se sua interdependência mútua.

Princípios do planejamento ecossistêmico derivados da Comissão Crombie:

1. unidades de planejamento baseadas em limites naturais;
2. projetar respeitando a natureza;
3. considerar efeitos globais e cumulativos;
4. encorajar tomadas de decisão interjurisdicionais;
5. assegurar consulta e facilitar a cooperação e participação;
6. iniciar monitoramento de longa duração, realimentação e adaptação do plano;
7. adotar abordagem interdisciplinar para informação;

8. adotar abordagem precautória, porém positiva, objetivando não somente evitar danos, mas também reduzir pressões e aumentar a integridade dos ecossistemas e das comunidades;
9. assegurar o planejamento do uso do solo, integrando, não meramente equilibrando, objetivos ambientais, sociais e econômicos;
10. unir o planejamento ecossistêmico com outros aspectos de mudanças democráticas, aprendizagem social, construção de comunidade e esclarecimento ambiental.

Para implementação do planejamento ecossistêmico são necessários os seguintes passos:

1. definir o âmbito do processo de planejamento e os objetivos iniciais;
2. definir e pesquisar a região do plano;
3. modelar e analisar a região;
4. desenvolver a estrutura do plano;
5. refinar e implementar a opção escolhida, monitorar o ambiente regional e revisar o plano.

A característica principal do modelo de planejamento ecossistêmico é a integração de dados e análises dando efetiva atenção ao sistema global dentro dos limites naturais. Ecossistemas e comunidades podem ser incluídas no planejamento como são na realidade. Neste modelo é crucial a definição de desenvolvimento, comunidade e meio ambiente em longo prazo.

Para Dominski (1993) três são as bases da evolução da “ecocidade”: necessidade de justiça social, desenvolvimento e meio ambiente saudável. Algumas vezes são vistas separadamente e até mesmo como contraditórias, mas emergem necessárias para a sustentabilidade.

Justiça social é o caminho da sustentabilidade, boas condições sociais são a base para fundação de ecocidades que, por sua vez necessitam de empresas capazes de servirem a consumidores responsáveis e com estilos de vida compatíveis com um desenvolvimento sustentável.

A comunidade sustentável, segundo Kline (1997), inclui as seguintes características: segurança econômica, integridade ecológica, qualidade de vida e liberdade com responsabilidade. O Quadro 10 – Matriz de Indicadores apresenta as quatro características e suas respectivas categorias genéricas que devem ser medidas.

Quadro 10 – Matriz de indicadores

<b>Segurança Econômica</b>	<b>Integridade Ecológica</b>	<b>Qualidade de Vida</b>	<b>Liberdade &amp; Responsabilidade</b>
Disparidades	Efetividade da capacidade funcional dos sistemas naturais	Respeito por si e pelos outros	Alcance
Utilização ambiental consistente dos sistemas naturais	Utilização ambiental consistente dos sistemas naturais	Atenção	Eqüidade/justiça
Riqueza local		Conexão	Capacidade
Assistência mútua		Cobertura básica	Responsabilidade

Fonte: Kline, (1997).

**Segurança Econômica** – Uma comunidade sustentável inclui uma variedade de empresas, indústrias e instituições com ambiente são em todos os aspectos, financeiramente viável, treinado e educado para futuras necessidades, gerando empregos e gastando dinheiro dentro da comunidade, habilitando os empregados a terem voz ativa nas decisões que os afetem, e onde o dinheiro dos residentes permanece na comunidade.

**Integridade Ecológica** – A comunidade sustentável está em harmonia com seu sistema natural, reduzindo e convertendo despejos em produtos não prejudiciais e

benéficos, utilizando a aptidão natural dos recursos ambientais sem perder suas funções no futuro.

Qualidade de Vida – A comunidade sustentável reconhece e mantém evoluindo nas pessoas o senso de bem-estar, incluindo os sentidos de pertencer, de lugar, de custo, de segurança e de conexão com a natureza, produzindo bens e serviços ao encontro das necessidades e desejos das pessoas adequadas à integridade ecológica dos sistemas naturais.

Liberdade com Responsabilidade – A comunidade sustentável capacita as pessoas a sentirem liberdade e responsabilidade baseada em visão compartilhada, igualdade de oportunidades, habilidade e conhecimento para suas próprias necessidades e possibilidade de influir nos resultados das decisões que a afetem.

A cidade representa o produto humano por excelência, o cunho econômico e produtivo da sociedade, o local onde se produzem não só os bens materiais, mas também aqueles sociais, espirituais, artísticos, etc. A cidade, enfim, produz pesquisas científicas, conhecimento, informação, inovação tecnológica, bem-estar. A cidade é o local no qual se aumenta o patrimônio humano de riquezas que passará às futuras gerações (SCANDURRA, 1996).

As cidades representam o resultado complexo das alterações que o homem provoca nos ecossistemas naturais, concentrando no espaço físico população e atividades que demandam a utilização dos recursos naturais disponíveis como fonte de matéria e energia necessárias à vida. Esta interação afeta o funcionamento dos fatores naturais – clima, topografia, geologia, solo, hidrogeologia e cobertura vegetal, além de produzir resíduos que assumem diferentes formas de poluição. Juntos, conduzem à deterioração do meio ambiente, e seus efeitos extrapolam o âmbito da cidade, podendo atingir uma escala regional e até planetária.

O plano diretor nasce com a Revolução Industrial como instrumento de controle do uso do espaço, da relação entre os homens e do homem com a natureza. O planejamento baseado no paradigma determinista estabelece univocamente a forma do único futuro possível coincidente com o desejo de seu projetista. Este delírio de

onipotência é um retrato significativo da modernidade, do projeto planetário de predomínio absoluto da razão. O plano pretende dar organização social, satisfazer necessidades da sociedade, fornecer identidade e liberdade de expressão à comunidade urbana. Para isto se utiliza dos instrumentos de zoneamento, funcionalismo, separação, padrão e norma – deterministicamente e maquinalmente o plano nasce para organizar um espaço euclidiano e para controlar o uso do solo (SCANDURRA, 1996a).

O plano diretor urbano se propõe como um momento de pura mediação política que geralmente se resolve no garantir o máximo ao mais fraco. Ocorre que um plano urbanístico é quase que somente uma simples operação de zoneamento do solo, com o objetivo de dar funcionalidade e renda ao terreno, considerado em sua exclusiva função de mercadoria edificatória. Na ausência de um projeto social, o plano representa um instrumento simplificado e reduzido do conflito e da complexidade urbana (SCANDURRA, 1996b).

A despeito de seu uso ser grandemente difundido, o zoneamento apresenta grandes problemas. Embora possa restringir os tipos de projetos permissíveis, o zoneamento não é um bom mecanismo para controle de rápida ocupação e conduz a um crescimento generalizado e por saltos. Cidades que procuram preservar a qualidade ambiental por restrições de crescimento freqüentemente não obtêm sucesso, porque as leis de zoneamento são flexíveis e facilmente modificáveis. Grandes empreendedores muitas vezes conseguem garantir exceções ou modificar o zoneamento (ORTOLANO, 1984).

A criação de regras incentiva os funcionários do Estado a observarem infrações envolvendo deficiências burocráticas em vez de possíveis danos ambientais. O mais claro exemplo é dado pelo zoneamento. O zoneamento, segundo Shireman (1993), encoraja a mais egrégia forma de corrupção em nível local. O poder de controlar o valor da terra de forma absoluta é o maior poder adquirido pelo funcionário local.

Cuidar do meio ambiente local também significa conhecer as características, potencialidades e limitações da região para orientar o desenvolvimento através da atração de atividades econômicas – ou incentivos àquelas já implantadas –

compatíveis com a vocação ecológica e com a capacidade real para o seu suporte. Outro aspecto positivo que este conhecimento propicia representa descobrir as fragilidades e limitações existentes e que requerem a articulação do poder local com os outros níveis de governo ou a associação com municípios da mesma região para enfrentar problemas comuns e poder solucioná-los.

O plano diretor deve contemplar a vertente ambiental em diferentes escalas de abordagem, que variam desde o nível macro, espelhado nas diretrizes para o desenvolvimento urbano e para a definição da política de meio ambiente, até o nível pontual, que se reflete nos parâmetros para o uso e a ocupação do solo estabelecidos pela legislação urbanística, bem como na fixação de parâmetros para o controle ambiental, através de leis específicas.

## 2.7 Legislação ambiental e urbana

No Brasil existem vários níveis de espaços geográficos administrativos: a União, compreendendo o conjunto de Estados, o Estado, que engloba as unidades municipais, e o Município propriamente dito, que corresponde ao espaço físico-territorial onde, em última instância, ocorrem as ações antrópicas da administração pública, da iniciativa privada e da sociedade em geral. Portanto, é o Município, e nenhum outro lugar, o espaço onde se materializam os impactos decorrentes de atividades modificadoras do meio ambiente, irradiando seus efeitos positivos e negativos (JUCHEM, 1992).

É importante reconhecer que muitos dos problemas ambientais urbanos que afetam o Município têm sua origem fora de seus limites territoriais. No entanto, a responsabilidade para superar tais problemas é do governo municipal, ao qual corresponde a aprovação e a aplicação de normas de controle urbano e ambiental. Também tem o Município as responsabilidades na gestão e coordenação de programas e projetos capazes de melhorar a situação ambiental, assim como a de prevenir futuros problemas que irão afetar as cidades (SCHWEIZER, 1994).

Entre os meios com que conta a Administração, o plano diretor se destaca como o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano e representa a possibilidade concreta de atuação na proteção e preservação do meio ambiente local. Sua elaboração para cidades com mais de 20 mil habitantes é exigência constitucional (art. 182), para que estas cumpram sua função social e para que seja garantido o bem-estar da coletividade. A importância desse instrumento é de tal ordem que todos os Municípios, independente do porte e dos problemas, deveriam adotá-lo como garantia para alcançar uma gestão urbana e ambiental apoiada na gestão democrática da cidade.

Embora o plano diretor seja qualificado constitucional e tecnicamente como instrumento básico da política de desenvolvimento urbano, não se pode negar a necessidade de suas normas ambientais serem aplicáveis à totalidade do território municipal. Levando em consideração a co-responsabilidade municipal na proteção



ao meio ambiente, sua competência para legislar sobre assunto de interesse local e a integração entre o urbano e o rural, a legislação ambiental componente do plano deve abranger todo o território.

Antigamente o plano diretor somente se restringia aos aspectos físico-territoriais, evoluindo, após, para contemplar os aspectos sociais, econômicos e administrativos, para finalmente levar em conta a proteção do meio ambiente. Neste último aspecto, convém salientar que o urbanismo, parte fundamental do plano, é fator essencial da preservação ambiental, formulando a disciplina e a proteção do uso do solo (MUKAI, 1990).

A tradição confere ao Município brasileiro poderes para regular o desenvolvimento urbano e o direito de construir. A Constituição aprovada em 5 de outubro de 1988, no capítulo sobre política urbana, confirmou esses poderes, instituindo o plano diretor como instrumento básico dessa política.

No Brasil, por Constituição e tradição, o controle urbanístico sempre foi uma responsabilidade municipal. Para o controle do uso do solo urbano o Município deve regular o desenvolvimento urbano, os loteamentos, as habitações particulares, o perímetro urbano, o zoneamento urbano e as posturas de ordem pública.

De fato, a discussão sobre o papel do Município na gestão ambiental urbana intensificou-se a partir da Constituição de 1988. Tanto ambientalistas como governantes descobriram que o nível local é o lugar onde efetivamente existem maiores condições para contenção, prevenção e solução da maioria dos problemas socioambientais. O que passou a orientar essa nova visão político-administrativa foi a percepção de que o desenvolvimento urbano daqui para frente deverá ocorrer, necessariamente, sob bases socioambientais sustentáveis (MENEZES, 1996).

Dessa forma, sem dúvida nenhuma, o plano diretor deve e pode contemplar a vertente ambiental, na qual se inserirá a urbanística, no âmbito de suas diretrizes, normas e exigências gerais.

Cabe ao Município utilizar-se da sua competência constitucional concorrente para legislar nas matérias ambiental e urbanística. No caso das legislações ambiental e urbanística, que são matérias concorrentes, o Município haverá de observar as normas gerais da União e as normas da competência legislativa plena dos Estados-membros.

O Município no Brasil pode tudo e nada pode ao mesmo tempo, porque está submetido a competências concorrentes que não definem com precisão os deveres e os limites de atuação das três esferas do poder institucionalmente constituído (União, Estado e Município) (SANTOS, 1990).

Carvalho (1999) cita o Código Florestal, que estabelece que todos os rios são iguais, exceto pela largura, e que em muitas regiões brasileiras a determinação lá contida de que certa faixa marginal é de preservação permanente, assim como os topos de morros, obriga o proprietário a atuar na meia-encosta, exatamente a porção onde a ativação dos processos erosivos é mais difícil de controlar. Nestes casos, se invertidas as determinações da Lei, ela fica menos destrutiva do ponto de vista ambiental. O mesmo autor afirma que freqüentemente a altas declividades correspondem terrenos resistentes, e a baixas declividades terrenos pouco resistentes, então a proibição baseada num mero dado de declividade, como induz a Lei nº 6.766/79, pode estar proibindo o possível e tacitamente induzindo a fazer-se o não recomendável.

As leis federais usam normas gerais para atender às peculiaridades locais e, portanto, entram em conflito com a competência das leis que instituem os planos diretores, tendo como consequência a limitação à criatividade dos próprios planos (LENZI et alii, 1996).

O poder de polícia do Município sobre o uso do solo urbano pode ser exercido de dois modos: prescritivo ou proscritivo. Será prescritivo quando, ao prever determinadas situações, propuser medidas para orientá-las, evitando distorções que, por consenso, sejam julgadas prejudiciais à coletividade. É o caso dos planos urbanísticos e das leis de zoneamento que dizem o que deve ser feito. O poder de polícia de caráter proscritivo dispõe sobre as providências a tomar quando forem

constatadas irregularidades. Sua essência são os princípios da proibição e da sanção. É exercido através das limitações à ação e aos desejos individuais, constantes em códigos de obras e em códigos de posturas, e através das multas e demais penalidades previstas em lei.

Um bom processo de planejamento pode contribuir para orientar o desenvolvimento da cidade e estimular, na medida do possível, as formas de crescimento mais desejáveis, de acordo com o julgamento da comunidade e com as condições ambientais.

É obrigação dos poderes públicos e, em particular, do poder municipal perseguir as melhores e mais racionais formas de uso do solo urbano, fazendo com que a propriedade cumpra a sua função social, como manda a Constituição.

A Lei 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade, é a lei federal de desenvolvimento urbano que estabelece diretrizes gerais para a política urbana e regulamenta a aplicação dos instrumentos destinados a conferir uma função social à propriedade urbana. Segundo Asevedo (2001), a separação entre o direito de construir e o direito de propriedade, subordinando o interesse privado ao interesse público, implica uma alteração profunda das atuais regras que prevalecem na produção do espaço urbano, que são ditadas pelo mercado imobiliário, cujo único interesse é a realização de lucros fundiários e imobiliários crescentes, sem qualquer tipo de limitação.

A Agenda 21 recomenda que as cidades fortaleçam os órgãos locais de governo para lidar eficazmente com os desafios do desenvolvimento e do meio ambiente, associados a práticas saudáveis de planejamento urbano. Nesse sentido, torna-se cada vez mais premente que os municípios implementem políticas ambientais em uma perspectiva intersetorial, criando condições para uma gestão urbana efetivamente participativa e democrática. A gestão ambiental urbana, que compreende a formulação e a aplicação de instrumentos normativos, a realização de projetos e obras, o acesso a recursos – públicos e privados – e a interface com os diferentes interesses que convivem na cidade é fundamental para a construção de cidades sustentáveis (GROSTEIN & JACOBI, 1999).

### 3 GEOINDICADORES

A sabedoria sistêmica baseia-se num profundo respeito pela sabedoria da natureza, a qual é totalmente compatível com os “insights” da ecologia moderna. Nosso meio ambiente natural consiste em ecossistemas habitados por incontáveis organismos que co-evoluíram durante bilhões de anos, usando e reciclando continuamente as mesmas moléculas de solo, água e ar.

CAPRA, F. **O ponto de mutação**. São Paulo: E. Cultrix, 1982. 447p, p381.

#### 3.1 Geodinâmica terrestre

O planeta Terra possui um conjunto de sistemas dinâmicos muito variáveis e complexos, mas com dinâmica temporal e taxas que estão além da compreensão da maioria das pessoas. Além disso, a heterogeneidade da Terra implica que os recursos estão distribuídos de forma desigual, e os processos que podem constituir condições perigosas ao gênero humano retratam esta mesma realidade (GERHARD & BRADY, 1999).

O estudo das mudanças ambientais globais é atualmente conduzido por um intenso esforço de pesquisa interdisciplinar sobre os efeitos dos processos de longo alcance, incluindo forças climáticas, tectônicas, vulcanismo e evolução das comunidades. Como estes e outros fatores afetarão o futuro da humanidade é um dos grandes mistérios nas pesquisas científicas atuais. Tal como o futuro de nossa espécie dependerá em respostas dos fatores ambientais, nosso passado foi marcado por um longo registro de adaptação das mudanças das condições ambientais (FEIBEL, 1997).

A variedade da dinâmica geológica inclui deslizamentos, vulcões, terremotos e erosão marinha; os menos visíveis são também importantes, como: qualidade da água, expansão de solos, migração de fluxos e erosão eólica.

Segundo Hough (1995), em áreas urbanas existe a tendência para enchentes repentinas e erosão. Isto é causado pelas grandes áreas impermeabilizadas e pelas concentrações de fluxos d'água em pontos específicos. A qualidade das águas nos sistemas de drenagem urbana é prejudicada por sedimentos, águas servidas e outras.

Um dos impactos mais dramáticos no solo é a sua remoção, que é também a forma mais usual. O solo é criado num local e removido para outro seguindo a lei natural. Água corrente, vento e ondas constantemente esculpem a superfície da terra e rearranjam seus componentes. O uso do solo pelo homem, entretanto, freqüentemente acelera a erosão, e a taxa fica maior que a natural. O solo como plantas e animais, é considerado um recurso renovável, mas pode ser esgotado, quando não é manejado com cuidado.

Erosão eólica, também chamada deflação, é um processo natural no qual o sedimento é removido, transferido e depositado. As atividades humanas freqüentemente intensificam esse processo.

A movimentação de sedimentos costeiros é outra transferência natural afetada pela ação do homem. A alta energia e o grande poder dos processos costeiros fazem desta zona a mais difícil de ser ocupada de maneira sustentável, malgrado estas áreas serem as mais atrativas para as atividades do homem, pela sua acessibilidade e pela presença de muitos recursos naturais. Muitas áreas costeiras são vulneráveis à subida do nível do mar, principalmente os atóis de coral, os mangues, os pântanos e o baixo delta de rios.

Mudanças são aspectos inevitáveis no nosso dinâmico planeta; tanto as mudanças ambientais naturais quanto as induzidas pelo homem devem ser reconhecidas, modeladas e administradas mas, para isso, é necessário monitorar um amplo espectro de processos bióticos e abióticos da superfície terrestre. Os registros geológicos das mudanças ambientais do passado são fundamentais para o entendimento dos processos em curso e para a antecipação do futuro (IUGS, 1994).

## 3.2 Modelos Geológicos

Modelos com intenção de criar cenários de mudanças ambientais futuras e seus respectivos impactos só são aceitáveis se, além de gerados a partir de produtos da observação consistente do presente, também forem baseados em reconstruções empíricas das condições passadas (OLDFIELD, 1999).

Atribuir números em Geologia requer um difícil equilíbrio entre a opinião estabelecida que a natureza não pode ser quantificada e a visão otimista que toda quantidade física pode ser descrita em termos matemáticos. Na realidade, muitas características geológicas não podem ser quantificadas precisamente, e suposições baseadas em experiência e argumentos lógicos são o que melhor se pode esperar (HOEK, 1999).

Um bom modelo geológico pode habilitar profissionais envolvidos em projetos a entender as interações dos componentes que fazem parte da crosta terrestre e tomar boas decisões baseadas neste entendimento. Projetos sem um adequado modelo geológico podem acarretar altos riscos de problemas construtivos devidos às condições geológicas imprevistas.

Um projeto de Engenharia requer números. Isto é verdadeiro tanto se o projeto utiliza material fabricado, como aço ou concreto, ou ocorrências naturais de rochas e solos. Uma das principais características dos materiais naturais é sua grande variabilidade e extrema dificuldade de se fixar valores das suas propriedades para projetos de Engenharia.

Modelos geológicos normalmente são ferramentas dinâmicas que mudam com as informações adquiridas durante as investigações. Somente em ambientes geológicos muito simples podem ser preestabelecidos modelos confiáveis para projetos, sem que sejam necessários posteriores reajustes. O usual é que o modelo seja continuamente refinado e que deva progredir em cada estágio do projeto até a construção.

### 3.3 Geoindicadores

A União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) estabeleceu, em 1992, na Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT), um grupo de trabalho para desenvolver indicadores geológicos para rápidas mudanças ambientais. O início do conceito de geoindicadores foi a declaração Gros Morne, em 1994, que enfatizou a importância do monitoramento dos parâmetros geológicos em relatórios de avaliação de impactos ambientais.

Em 1996 foi concluída uma compilação, na forma de uma lista de checagem, com o formato-padrão, disponível na internet no endereço: <http://gcrio.org/geo/toc.html>, com indicadores apropriados que podem ser selecionados e modificados conforme necessário (Quadro 11 e Anexos 2 a 6). Desde 1999, o grupo de trabalho foi promovido a Iniciativa Geoindicadores, que vem realizando esforços em sua divulgação no meio científico, mas, apesar de sua grande importância, ainda é pouco difundido e conhecido.

Geoindicadores são medidas (magnitudes, freqüências, taxas e tendências) de processos geológicos e fenômenos ocorrendo na superfície terrestre ou próximo a esta e sujeitos a mudanças significativas para o entendimento de mudança ambiental em períodos de 100 anos ou menos. Abrangem tanto os eventos catastróficos como os graduais, mas dentro do espaço de vida humano. Uma lista de checagem (Quadro 12), na qual 27 geoindicadores foram identificados para monitorar e avaliar mudanças em áreas fluviais, costeiras, desérticas, montanhosas e outros ambientes, foi criada com o objetivo de auxiliar no início das pesquisas, podendo em muitos casos necessitar a integração de vários destes ao mesmo tempo. Esta listagem inicial deverá ser revisada e aperfeiçoada com o objetivo de atender às expectativas geradas e às novas necessidades que certamente surgirão (BERGER,1997).

Quadro 11 – Sumário do padrão dos geoindicadores na lista de checagem

Nome	Do geoindicador
Descrição breve	Como está relacionado com processos e fenômenos geológicos
Significado	Porque deve ser monitorado
Causa natural ou humana	Se possível, como as causas humanas podem ser diferenciadas das naturais
Ambiente onde é aplicável	Contexto geral da paisagem
Tipos de locais para monitoramento	Localizações específicas para monitoramento
Escala espacial	Em que área deve ter lugar o monitoramento
Método de medida	Técnicas de campo e laboratório
Freqüência de medida	Quão freqüente deve ser o monitoramento
Limitações de dados / monitoramento	Dificuldades em reunir dados e usar os resultados
Aplicações para o passado e futuro	Utilidade para estudos de ambientes antigos e potencial de predição
Limiar possível	Que mudança significativa pode ocorrer no ambiente
Referências fundamentais	Manuais práticos e publicações fundamentais
Outras fontes de informação	Programas e organizações
Assuntos relacionados	Relativo a outros processos geológicos e ambientais
Avaliação global	Importância para o monitoramento ambiental e a sustentabilidade

Fonte: Berger (1997)

Segundo Berger (2002), um problema de listas de checagem como esta, é dar a entender que cada compartimento é separado e que há pouca interação entre eles. Embora a ênfase dada pelos geoindicadores às mudanças abióticas, os sistemas biológico e geológico interagem intimamente no tempo e no espaço. Além disso, estes sistemas freqüentemente são bastante afetados por influências humanas. Não obstante estes aspectos, a lista de checagem otimiza o início das pesquisas, na busca de uma melhor compreensão das mudanças ambientais que estão ocorrendo.



Quadro 12 – Lista de geoindicadores

<b>Geoindicadores</b>	<b>Mudanças ambientais que refletem</b>
Química do coral e padrão de crescimento	Temperatura da água de superfície e salinidade
Crostras e fissuras em superfície desértica	Aridez
Formação e reativação de dunas	Velocidade e direção dos ventos, umidade, aridez, disponibilidade de sedimentos.
Magnitude, duração e frequência de tempestade de areia	Transporte de areia, aridez, uso do solo
Atividade de solo congelado	Clima, hidrologia, movimento de talude
Flutuações de geleiras	Precipitação, insolação, fluxo de derretimento
Qualidade da água subterrânea	Uso do solo, contaminação, alteração de rocha e solo, radioatividade, precipitação de ácidos
Química da água subterrânea na zona não saturada	Alteração de solos e rochas, clima, uso do solo
Nível da água subterrânea	Clima, impermeabilização e recarga
Atividade cárstica	Química e fluxo da água subterrânea, clima, cobertura vegetal, processos fluviais
Níveis e salinidade de lagos	Clima, uso do solo, fluxo de água (vazão), circulação da água subterrânea
Nível relativo do mar	Subsidência e sublevação costeira, clima, extração de fluidos, sedimentação e compactação
Seqüência e composição de sedimentos	Clima, uso do solo, erosão e deposição
Sismicidade	Natural e induzida pelo homem liberando tensões da Terra
Linha da costa	Erosão costeira, transporte e deposição de sedimentos, uso do solo, nível do mar, clima
Deslizamento de encostas	Estabilidade de taludes, movimentos lentos e rápidos de massa, uso do solo
Erosão de solos e sedimentos	Clima, tempestade de água, vento, uso do solo
Qualidade do solo	Processos químicos, biológicos e físicos no solo, uso do solo
Fluxo de corrente	Clima, precipitação, bacia de drenagem, uso do solo
Morfologia de canal	Carga de sedimento, velocidade de fluxo, clima, uso do solo, subsidência
Armazenamento e carga de fluxo de sedimento	Transporte de sedimento, taxa de fluxo, bacia de drenagem, uso do solo
Regime de temperatura de subsuperfície	Clima, fluxo de calor, uso do solo, cobertura vegetal
Deslocamento da superfície	Sublevação e subsidência da Terra, falhamento, extração de fluidos
Qualidade de água de superfície	Clima, uso do solo, interações água-solo-rocha, velocidade de fluxo
Atividade vulcânica	Movimento de magma próximo à superfície, liberação de gases magmáticos, fluxos de calor
Extensão, estrutura e hidrologia de terras úmidas	Uso do solo, clima, produtividade biológica, vazão de fluxo
Erosão eólica	Clima, uso do solo, cobertura vegetal

Fonte: Berger (1997)

Geoindicadores devem ajudar na resposta a quatro questões básicas:

1. que está acontecendo no meio ambiente? (condições e tendências);
2. por que está acontecendo? (causas, vínculo entre influências humanas e processos naturais);
3. por que isto é significativo? (efeitos ecológicos, econômicos e saúde);
4. o que se pode fazer acerca disso? (implicações no planejamento e nas políticas).

Tipos de ambientes onde os geoindicadores podem ser utilizados:

### **Criosfera**

- Atividade de solo congelado.
- Flutuações de geleiras.

### **Zonas áridas e semi-áridas**

- Crostas e fissuras em superfície desértica.
- Magnitude, duração e frequência de tempestade de areia.
- Formação e reativação de dunas.
- Erosão eólica.

### **Zonas costeiras e marinhas**

- Química do coral e padrão de crescimento.
- Nível relativo do mar.
- Linha da costa.

### **Lagos**

- Níveis e salinidade de lagos.

### **Rios e riachos**

- Fluxo de corrente.
- Morfologia de canal.
- Armazenamento e carga de fluxo de sedimento.

### **Área úmidas**

- Extensão, estrutura e hidrologia de terras úmidas.

### **Águas de superfície e subterrâneas**

- Qualidade da água de superfície.
- Qualidade da água subterrânea.
- Química da água subterrânea na zona não saturada.
- Nível da água subterrânea.
- Atividade cárstica.

### **Solos**

- Qualidade do solo.
- Erosão de solos e sedimentos.

### **Riscos naturais**

- Deslizamento de encostas.
- Sismicidade.
- Atividade vulcânica.

### **Outros**

- Seqüência e composição de sedimentos.
- Regime de temperatura de subsuperfície.
- Deslocamento da superfície.

Os geoindicadores não são procedimentos novos em si mesmos. Estão baseados em métodos e procedimentos de monitoramento usuais em Geologia, Geoquímica, Geofísica, Geomorfologia, Hidrologia e outras ciências da terra.

O que é novidade no conceito de geoindicadores é a tentativa de agrupá-los em uma estrutura comum e enfatizar aos não geólogos a importância de sua utilização na avaliação ambiental. A maioria do conhecimento e das tecnologias necessárias já existem. Alguns geoindicadores são complexos e de alto custo, mas a maioria é relativamente simples e de baixo custo em sua aplicação.

A lista de checagem pode ser considerada na escala da paisagem. O propósito é facilitar o monitoramento dos processos geológicos e parâmetros que possam ser importantes para a sustentabilidade ambiental dos ecossistemas e da ocupação humana.

Reconhecer a realidade da mudança ambiental natural e a distinção desta das ações antrópicas é tarefa muito difícil, principalmente depois da sua ocorrência. O Quadro 13, é uma tentativa de mostrar a importância relativa das forças naturais, em contraste com as tensões induzidas pelo homem, nas causas da mudanças que determinado geoindicador controla (BERGER,1998).

A geologia histórica não auxilia somente no entendimento do passado, como também estabelece o contexto em que se podem compreender a magnitude, o alcance e a direção das mudanças planetárias (MURCK et alli, 1996).

Em estudos de geoindicadores são usadas pesquisas paleoambientais para desvendar tendências do passado, obtendo assim importantes bases para compreensão de estresses atuais, naturais e induzidos pelo homem, contudo, não são aplicáveis em processos geológicos lentos, como: diagênese, metamorfismo, deformação e movimentos de placas tectônicas.

Quadro 13 – Influência relativa nos geoindicadores das tensões humanas e das forças naturais

<b>GEOINDICADOR</b>	<b>Forças Naturais</b>	<b>Tensões Humanas</b>
Química do coral e padrão de crescimento	1	1
Crostras e fissuras em superfície desértica	1	2
Formação e reativação de dunas	1	2
Magnitude, duração e frequência de tempestade de areia	1	2
Atividade de solo congelado	1	2
Flutuações de geleiras	1	3
Qualidade da água subterrânea	2	1
Química da água subterrânea na zona não saturada	1	1
Nível da água subterrânea	2	1
Atividade karstica	1	2
Níveis e salinidade de lagos	1	1
Nível relativo do mar	1	2
Seqüência e composição de sedimentos	1	1
Sismicidade	1	2
Linha da costa	1	1
Deslizamento de encostas	1	1
Erosão de solos e sedimentos	1	1
Qualidade do solo	2	1
Fluxo de corrente	1	1
Morfologia do canal de fluxo	1	1
Armazenamento e carga de fluxo de sedimento	1	1
Regime de temperatura de subsuperfície	1	2
Deslocamento de superfície	1	2
Qualidade de água de superfície	1	1
Atividade vulcânica	1	3
Extensão, estrutura e hidrologia de terras úmidas	1	1
Erosão eólica	1	2
<b>Nota: 1= Forte influência; 2= Pode influenciar; 3= Pouca influência</b>		

Fonte: Berger, (1998).

### **3.4 Geoindicadores no Planejamento Ambiental e Urbano**

A dificuldade em diferenciar mudanças ambientais naturais das causadas pelo homem não torna nada fácil o gerenciamento de paisagens em áreas urbanas, mas ignorar as forças naturais nas atitudes, políticas e práticas parece ser uma garantia de fracasso.

Continuar a ignorar a importância das mudanças naturais no planejamento ambiental e urbano mantém a ótica do reducionismo e do determinismo, da natureza como máquina e do domínio do homem, que é prejudicial para a natureza e insustentável para o desenvolvimento de longo prazo.

O passado e o presente podem não servir como um guia completo para o futuro, mas através destas observações é que se obtêm as melhores e mais consistentes informações para a discussão pública (GUTZLER, 2000).

Geoindicadores são os indicadores de sustentabilidade que apresentam a melhor avaliação para tendências ambientais, fundamentais quando se pensa nas necessidades das futuras gerações.

O reconhecimento das mudanças ambientais tem importantes implicações para o desenvolvimento sustentável, a ética ambiental e a compreensão do meio ambiente. Geoindicadores podem ser um bom instrumento para melhorar as pesquisas interdisciplinares, focalizando as mudanças naturais e induzidas pelo homem na paisagem, sendo um caminho para a conexão com outros assuntos ambientais, econômicos e sociais.

## 4 REPARCELAMENTO DO SOLO

O princípio da igual consideração dos interesses é o princípio básico de igualdade, atuando como uma balança e pesando imparcialmente os interesses. Só um princípio moral básico desse tipo pode permitir que defendamos uma forma de igualdade que inclua todos os seres humanos, com todas as diferenças que existem entre eles.

SINGER, P. **Ética Prática**. (tradução Jefferson Luís Camargo). São Paulo: Martins Fontes, 1993. 399p, p65.

### 4.1 Histórico do reparcelamento do solo

Projetos de Reparcelamento do Solo (Land Readjustment – Kukaku-Seiri) são utilizados há décadas no Japão e na Alemanha, e posteriormente foram introduzidos na Coreia do Sul, em Taiwan, na Austrália, na Indonésia e na Índia. Mais recentemente foram iniciados projetos na Tailândia, nas Filipinas e na Malásia, além de iniciativas nos Estados Unidos, na França, na Suécia e em outros países que verificaram as vantagens deste método em relação aos habituais (Figura 12). No início eram usados para construção de rodovias e regularização fundiária e atualmente são mais aplicados na implantação de planos urbanos (City Bureau, 2000).

O reparcelamento do solo se originou na Alemanha. Na falta de primogênito resultavam problemas nas terras agrícolas, para resolvê-lo este mecanismo foi criado e consolidado. O prefeito de Frankfurt, Franz Adickes, discutiu por dez anos medidas similares para terras urbanas. Sob a Lei Adickes (1902), os antigos proprietários recebiam partes proporcionais dos novos terrenos, e as diferenças inevitáveis em valor eram pagas em dinheiro.

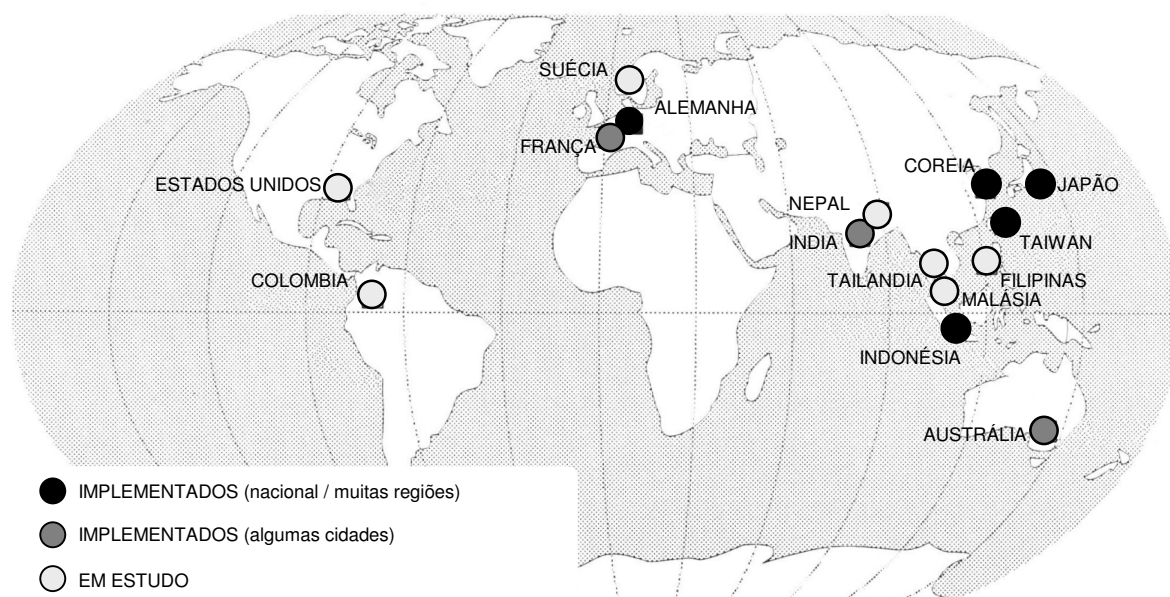


Figura 12 – Projetos de Reparcelamento do Solo no Mundo  
 (Fonte City Bureau, 2000).

Liebmann (1998) cita os principais países onde são aplicadas leis relacionadas a reparcelamento do solo, com o histórico destas.

#### 4.1.1 Alemanha

A Lex Adickes era somente para Frankfurt. Legislação similar foi ordenada em Hamburgo, Baden e Saxônia. Em 1950, os princípios da lei foram estendidos para o conteúdo da estrutura da terra; em 1960 o sistema de avaliação foi introduzido, sendo regularizado em 1972 pelo Decreto de Princípios de Avaliação de Valor de Mercado de Bens Imóveis. A Lei Federal de Edificações de 1976 reafirmou os princípios da Lei de 1902. Em 1987, esta legislação foi colocada na Quarta parte do Baugesetzbuch (Consolidação das Leis Urbanísticas: Parcelamento do Solo, Código de Obras, Posturas e outras).

#### 4.1.2 Japão

A primeira representação do reparcelamento do solo no Japão foi a Lei de Urbanismo de 1919. Entretanto, esta lei foi precedida pela Lei de Consolidação da Terra Agrícola – ALCL – de 1899. A lei de 1919 estendeu o sistema da ALCL para áreas urbanas, que foi ampliada em 1923 pela Lei Especial de Urbanismo, elaborada após o grande terremoto desse ano. A Lei de Planejamento Urbano, voltada para a reconstrução após a Segunda Grande Guerra Mundial, foi decretada



em 1946, que, por seu turno, foi suplantada pela ampla Lei de Reparcelamento do Solo de 1954. Em 1975, uma lei especial permitiu que as cidades pudessem designar em seus planos urbanos áreas de pelo menos cinco hectares, para reparcelamento do solo, e a intervir, se o reparcelamento do solo privado não ocorresse em dois anos. Esta lei foi modificada e ampliada pela Lei de Reparcelamento do Solo de 1982 (Anexo 1).

#### **4.1.3 Coréia do Sul**

O reparcelamento do solo foi introduzido durante a ocupação japonesa de 1905-45 (A Lei de Reparcelamento do Solo Coreana é de 1934). Em 1966, a Lei de Projetos de Reparcelamento do Solo foi decretada, permitindo reparcelamento do solo por iniciativa privada, mas colocando ênfase na iniciativa das autoridades locais. Em 1980 surgiu o reparcelamento com proposta de criação de casas para baixa renda, nas providências do Plano Mestre Coreano para Construção de Moradia Pública e Desenvolvimento Nacional Urbano.

#### **4.1.4 Taiwan**

O artigo 143 da Constituição de 1949 refere-se expressamente ao reparcelamento do solo, que foi regulamentado pelos artigos 136 e 139 da Lei da Terra, de abril de 1946, e suplementados pelos artigos 13 e 14 dos regulamentos publicados pelo Conselho Nacional Executivo de outubro de 1946. Por um protocolo datado de 9/7/1959, o Conselho Nacional Executivo aprovou regulamentos de reparcelamento do solo para a Cidade de Kaohsiung. O reparcelamento do solo em nível nacional foi regulamentado pelos artigos 56, 76 e 161 da Lei de Propriedade do Solo Urbano Iguatário, de 1957.

#### **4.1.5 Austrália**

O marco inicial do reparcelamento do solo se dá com a Lei de Planejamento e Desenvolvimento Urbano da Austrália Ocidental, de 1928, que autorizava o agrupamento do solo; foi melhorada pela Lei de Aperfeiçoamento da Legislação de Planejamento, de 1996. Na prática sua aplicação está restrita à região de Perth.

#### **4.1.6 França**

A legislação de 1865 e o Decreto de 1927 autorizavam a formação de sindicatos de reparcelamento do solo, permitindo a inclusão involuntária dos proprietários de terras por resolução de prefeituras. Em 1967, foi autorizado o início de planos por proprietários de terras. O método foi esboçado em detalhe em duas publicações do Ministério de Infra-estrutura de 1975 e 1977. A Lei de 18/7/1985 estipulou as regras com o Artigo L 322-1-10 no Código de Urbanismo.

#### **4.1.7 Índia**

O reparcelamento do solo foi introduzido em 1915 na Lei de Planejamento Urbano de Bombaim (levada adiante na Lei de Planejamento Urbano de 1954) e continuou em outros Estados como Maharastra (Lei de Planejamento Urbano e Regional de 1966) e Gujarat (Lei de Planejamento e Desenvolvimento Urbano de 1976).

#### **4.1.8 Suécia**

A Lei de Desenvolvimento em Comum de 1º/7/1987 autorizou o reparcelamento do solo, mas somente após prévia autorização municipal e sem coerção aos discordantes. Sua operação está limitada a desenvolvimento recreacional.

## 4.2 Comparação com o método de desapropriação

### 4.2.1 As diferenças entre o Reparcelamento do Solo e a Desapropriação

O reparcelamento do solo é uma técnica para implantação de melhorias urbanas como ruas, parques e saneamento básico, necessários para a qualidade de vida das populações. Criando e implantando infraestrutura urbana e comunitária, dividindo, anexando, alterando e permutando parcelas de terras, a área é potencializada em conforto urbano e ambiental, além de sua valorização econômica (Figura 13).

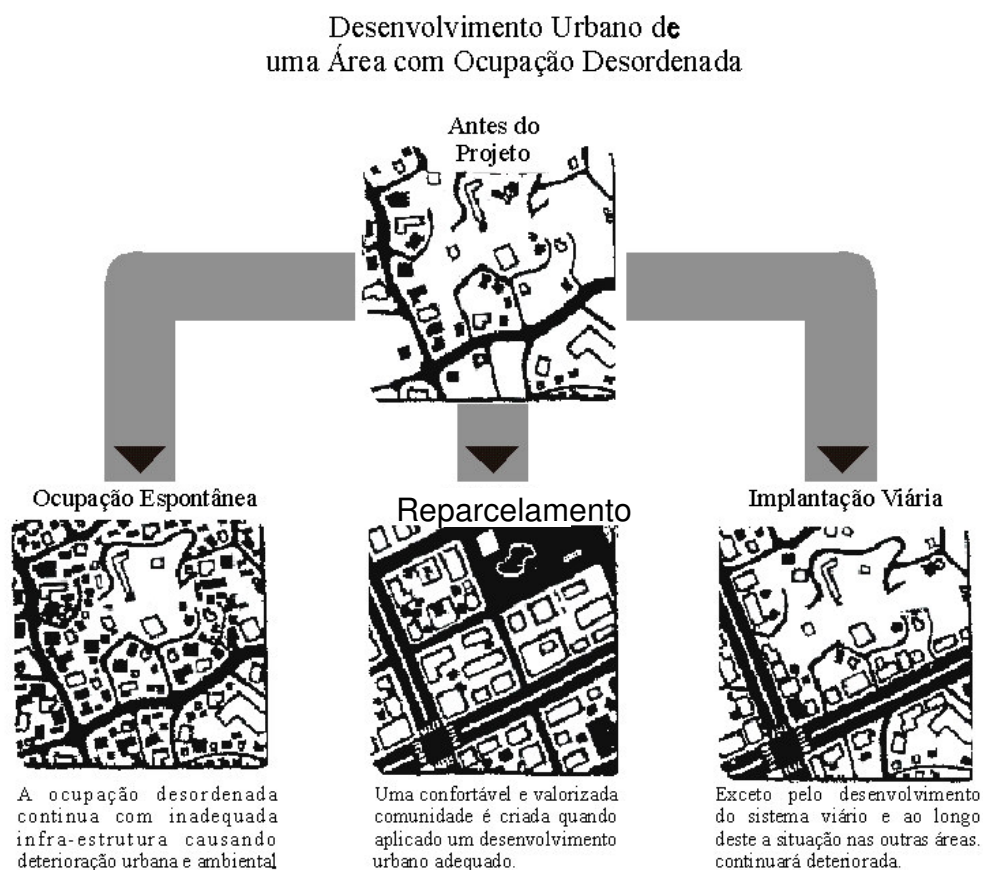


Figura 13 – Possibilidades de desenvolvimento urbano.  
Fonte: NUI (2001)

A Figura 14 mostra os resultados do reparcelamento do solo, para o dono de imóvel, em comparação com projetos de desapropriação.

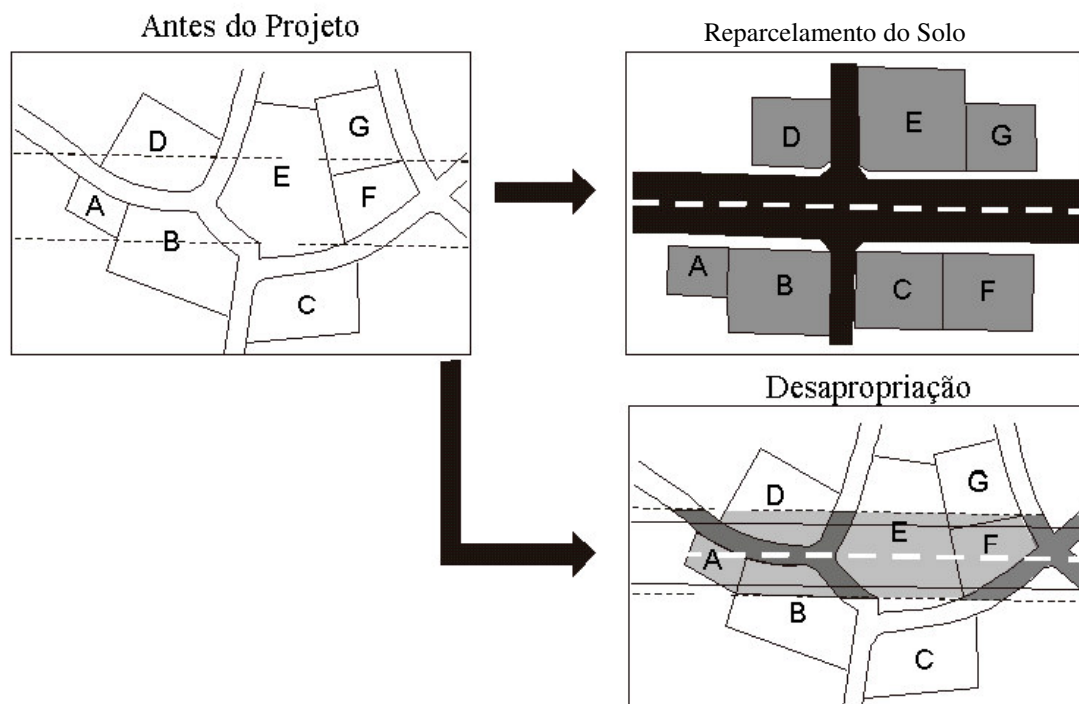


Figura 14 – Efeitos do reparcelamento do solo, comparado com o método de desapropriação.

Fonte: NUI (2001)

O proprietário de imóvel usando o método da desapropriação:

- A e F: Devem mudar-se da comunidade atual; seus terrenos são comprados pelo poder público.
- B e D: Ganham em acessibilidade, mas os terrenos remanescentes ficam com formatos irregulares e bem menores.
- C: Continua com seu terreno irregular e não tem acesso à nova via.
- E: Tem o terreno dividido em dois pequenos lotes, um em cada lado da nova via.
- G: Tem seu terreno preservado e diretamente conectado à nova via, ganhando grandes benefícios em relação aos vizinhos que tiveram perdas.

#### 4.2.2 Vantagens do Reparcelamento do Solo

- Sem gastos de desapropriação, a comunidade local permanece a mesma.
- Os proprietários compartilham os custos e benefícios de forma justa.
- Efetivo uso do solo, com terrenos otimizados em forma e utilização.
- A infra-estrutura é implantada de forma integrada.

#### **Vantagens para os proprietários de terras**

- Melhorias no meio ambiente urbano.
- Valorização da propriedade.
- Manutenção e/ou definição dos títulos da terra.

#### **Vantagens para a municipalidade**

- Desenvolvimento de infra-estrutura urbana e comunitária.
- Redução do investimento público.
- Determinação da titulação das terras.
- Aumento na arrecadação de taxas e impostos.

### 4.3 Técnica do reparcelamento do solo

O reparcelamento do solo é particularmente efetivo na implantação de infraestrutura urbana como: abastecimento de água, saneamento básico, sistema viário, drenagem, eletricidade, telefonia, etc., assim os proprietários podem se beneficiar integralmente de suas áreas (Figura 15). O método consiste basicamente nos elementos apresentados a seguir.

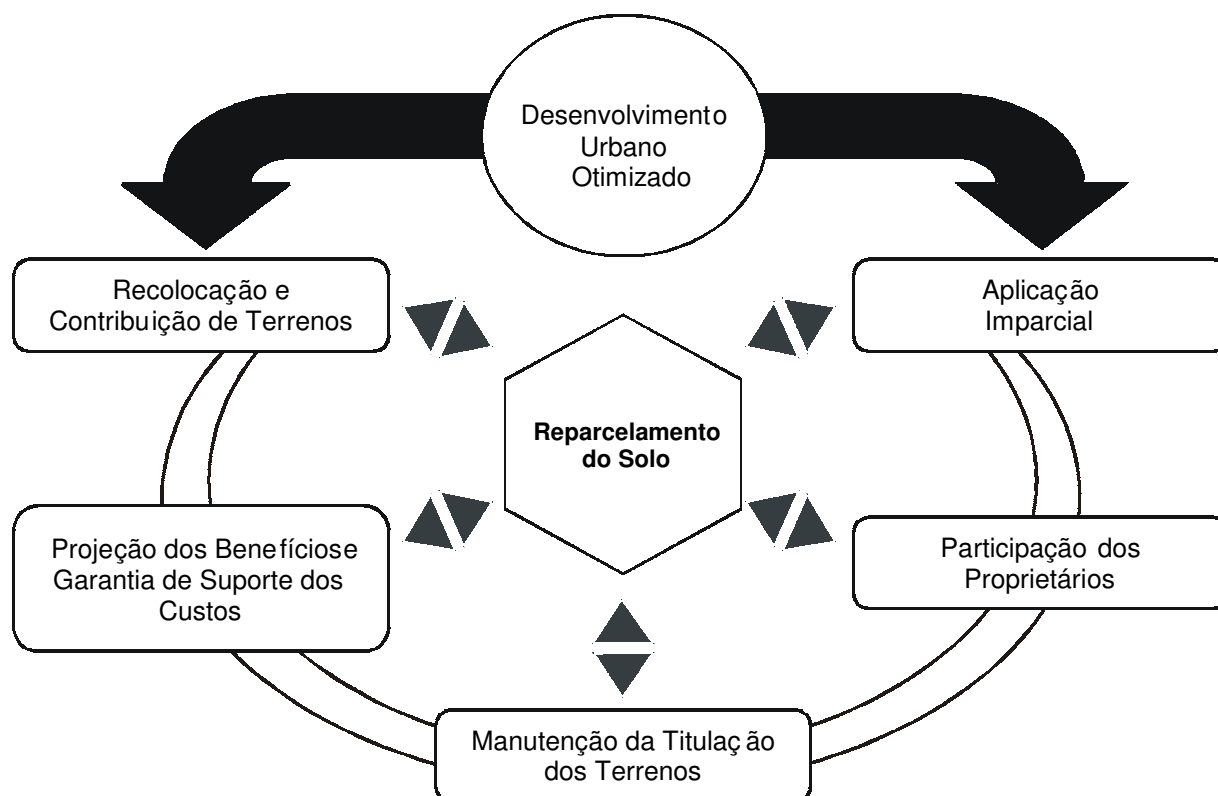


Figura 15 – Reparcelamento do solo, método para realizar planos de desenvolvimento.  
Fonte: NUI (2001)

#### 4.3.1 Relocação e Contribuição de Terrenos

A **Relocação** é o método de redistribuir os terrenos em novo local, de acordo com o uso planejado do solo, levando em consideração posição, área, ambiente, uso e valor anterior dos respectivos terrenos.

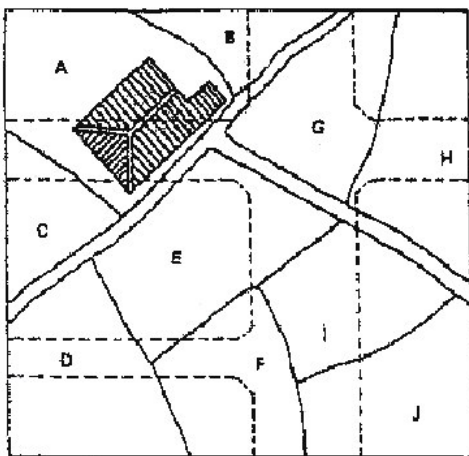
Por este método os benefícios são repartidos igualmente e a contribuição é utilizada para a infra-estrutura urbana e comunitária de acordo com projeto aprovado pelos proprietários.

Os proprietários de terras na área do projeto contribuem com porções semelhantes de seus terrenos para construção de infra-estrutura adequada (ruas, parques, etc.) e doação de terreno de reserva para ser utilizado pelo poder público.

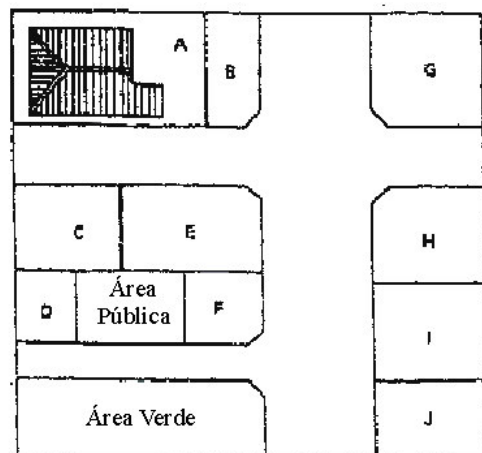
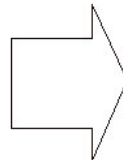
A **Contribuição** de uma pequena porção do terreno (25 a 35%) é retribuída com o uso potencializado dos novos terrenos regularizados e equipados de infra-estrutura, gerando grande incremento do valor unitário de suas propriedades.

A Contribuição e a Relocação são os elementos cruciais e as principais características em projetos de reparcelamento do solo (Figura 16).

Antes do Projeto



Reparcelamento do Solo



#### 4.3.2 Projeção dos Benefícios e Garantia de Suporte dos Custos

Se uma boa infra-estrutura é implantada pelo projeto de reparcelamento do solo, o valor da propriedade certamente é bastante ampliado (Figura 17).

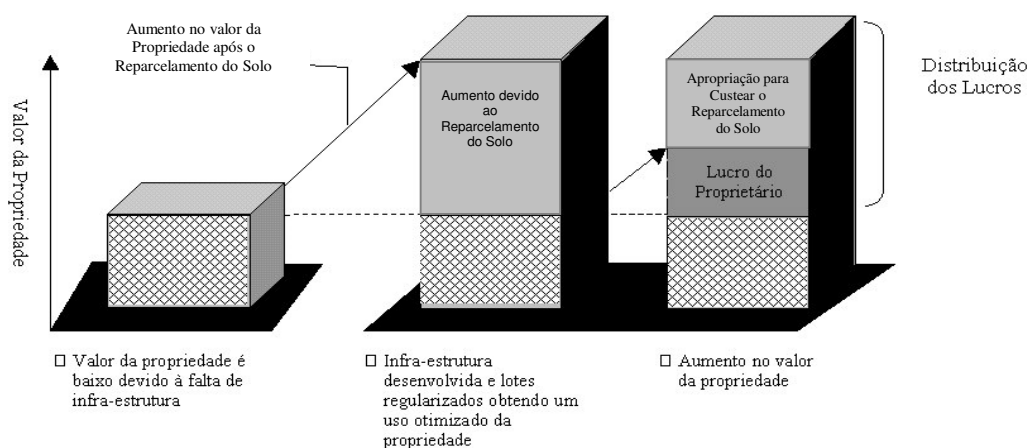


Figura 17 – Distribuição dos benefícios.  
Fonte: NUI (2001)

### 4.3.3 Manutenção da Titulação dos Terrenos

Em projetos de reparcelamento do solo a titulação dos terrenos é mantida e definida. Se a titulação é registrada em cartório de imóveis, estes direitos são preservados e transferidos para a nova propriedade; se a titulação é precária, após o projeto é regularizada.

### 4.3.4 Aplicação Imparcial

O projeto de reparcelamento do solo tem como princípio a implementação justa e imparcial, com a participação igualitária de poder público e dos proprietários dos terrenos do início ao fim do processo.

### 4.3.5 Participação dos Proprietários

Reparcelamento do solo é um projeto para ser conduzido e implementado com a participação dos proprietários das terras. Quando a implementação é feita pelo poder público local, é eleito um conselho de proprietários para ativa participação no processo, visando a obter consenso de todos proprietários.



## **4.4 Reparcelamento do solo no Japão (KUKAKU-SEIRI)**

O reparcelamento urbano é uma medida amplamente aplicada em projetos de desenvolvimento urbano no Japão, sendo basicamente classificado em dois tipos: provimento de lotes edificáveis e desenvolvimento da infra-estrutura urbana. O primeiro é projetado para aumentar o valor dos lotes urbanizáveis, através do planejamento otimizado. É usado para o desenvolvimento de novas urbanizações e na prevenção do crescimento desordenado. O segundo tem a intenção do desenvolvimento urbano em áreas previamente construídas, com infra-estrutura urbana inadequada e para a renovação das funções urbanas.

### **4.4.1 Provimento de Lotes Edificáveis**

#### **Nova Cidade**

É implementada maciçamente e com agilidade em áreas suburbanas, para arcar com a demanda por locais de moradia, resultados da concentração da população e da indústria em grandes cidades durante o período de rápido crescimento econômico. Áreas agrícolas e de silvicultura são transformadas em lotes construídos (Figura 18).

#### **Prevenção de Urbanização Desordenada**

Amplio desenvolvimento urbano é levado para partes periféricas de áreas urbanizadas, onde ocupações inadequadas estão surgindo e a necessidade do desenvolvimento planejado é urgente, para prevenir o crescimento desordenado e criar, com antecedência, áreas urbanizadas de bom ambiente (Figura 19).

### **4.4.2 Desenvolvimento de Infra-estrutura Urbana**

#### **Renovação Urbana**

A renovação urbana é realizada em áreas já ocupadas, para o desenvolvimento com infra-estrutura urbana adequada de áreas comerciais, estações de metro, trem,

etc. Como os projetos são implementados em áreas já construídas, é necessário envolver complexa coordenação de títulos da terra, caracterizando um projeto de longo período e alto custo (Figura 20).

### **Desenvolvimento de Centro Urbano**

Este tipo é localizado em áreas próximas a centros urbanos. O desenvolvimento é realizado sobre áreas desocupadas pela transferência de pátios de estações de estradas de ferro, ou grandes fábricas, devido a mudanças na situação socio-econômica. A área é renovada com adequado desenvolvimento da infra-estrutura urbana para a nova utilização (Figura 21).

### **Reconstrução Urbana**

Este tipo de reparcelamento do solo é utilizado na reconstrução de áreas urbanas danificadas por desastres naturais, como grandes terremotos; também foi bastante utilizado após a Segunda Guerra Mundial (Figura 22).



Figura 18 – Desenvolvimento de Nova Cidade (KAYATA, Prefeitura de Chiba)

Fonte: City Bureau (2000)



Figura 19 – Prevenção de Urbanização Desordenada (NAKA-MAEZAWA, Prefeitura de Toyama)

Fonte: City Bureau (2000)



Figura 20 – Renovação Urbana (SENDAI, Estação Leste na Prefeitura de Miyagi)



Fonte: City Bureau (2000)

Figura 21 – Desenvolvimento de Centro Urbano (KOBÉ, área portuária na Prefeitura de Hyogo)

Fonte: City Bureau (2000)

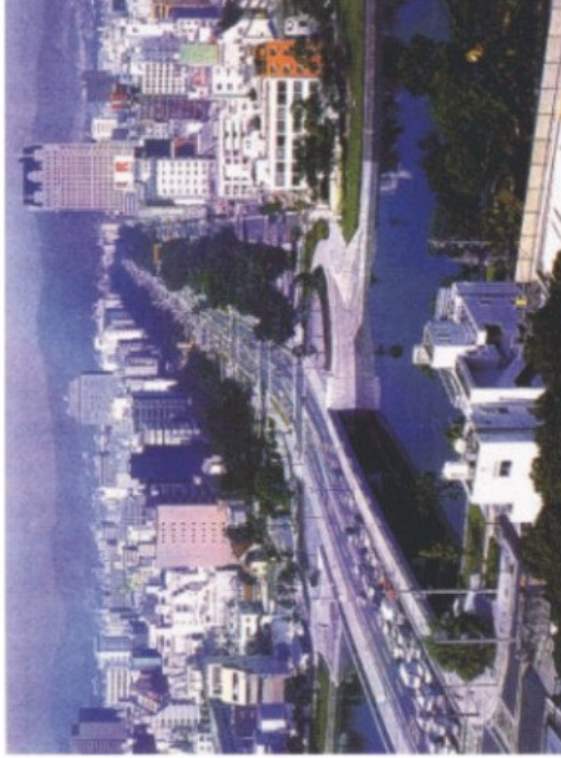


Figura 22 – Reconstrução Urbana (HIROSHIMA, reconstrução pós guerra)

Fonte: City Bureau (2000)

### 4.4.3 Implementação do Reparcelamento do Solo

No Japão existem várias formas de implementação de reparcelamento do solo, tanto por organizações administrativas e setor público, como pelo setor privado. Esta é uma das razões da ampla utilização das técnicas de reparcelamento do solo nesse país, além de a implementação privada ser considerada como pública e ter os mesmos poderes do reparcelamento do solo implementado pelo poder público. O Quadro 14 mostra os tipos e as principais características de cada forma de implementação de reparcelamento do solo no Japão.

Quadro 14 – Tipos e características de implementação de reparcelamento do solo no Japão

<b>Individual</b>	<b>1 ou mais proprietários ou locatários</b>
Legalmente o número de proprietários ou locatários é ilimitado. Na prática, entretanto, o número é limitado a poucos na base de consenso.	
<b>Cooperativa</b>	<b>Mais de 7 proprietários ou locatários</b>
Os projetos de reparcelamento do solo por cooperativas são implementados principalmente em subúrbios agrícolas e áreas de silvicultura, para provisão de lotes constituídos com adequada infraestrutura. Investidores privados encarregam a cooperativa para implementação do projeto. É necessário que 2/3 dos proprietários e locatários concordem com o projeto.	
<b>Estado / Município</b>	<b>Prefeitura ou Estado</b>
Com a finalidade de urbanizar com infra-estrutura adequada e prevenir a ocupação desordenada, em áreas que necessitem de rápido desenvolvimento urbano planejado, projetos de reparcelamento do solo são realizados por instituições públicas. No Japão, este tipo é responsável por cerca de 35% da área total implementada por projetos de reparcelamento do solo.	
<b>Agência Administrativa</b>	<b>Federal, Estadual ou Municipal</b>
Em casos onde o projeto tem interesse nacional e requer urgência, o Ministério da Construção, o Estado ou a Prefeitura podem implementar o projeto de reparcelamento do solo. É mais utilizado para reconstruções após desastres naturais.	
<b>Corporação Pública</b>	<b>Federal ou Regional</b>
O desenvolvimento urbano é realizado em áreas diretamente associadas a políticas nacionais. A Corporação de Desenvolvimento Urbano implementa grandes projetos de lotes edificáveis, com boa infra-estrutura, em regiões metropolitanas; e a Corporação de Desenvolvimento Regional do Japão implementa projetos para promover a revitalização de cidades. São projetos de grande escala.	
<b>Corporação Pública Local</b>	<b>Corporação Municipal</b>
A corporação pública local implementa projetos para provisão de lotes edificáveis em cada região. Poucos casos implantados no Japão.	

Fonte: CITY BUREAU (2000).

#### **4.5 Perspectivas do reparcelamento do solo no Brasil**

O reparcelamento do solo está sendo amplamente utilizado em alguns países, tanto nos desenvolvidos como nos em desenvolvimento, mostrando que pode ter um uso geral nas demandas do desenvolvimento urbano face à rápida urbanização.

Não obstante não estar definido em lei como em outros países, não existe, por outro lado, impedimento legal para iniciativas de reparcelamento do solo no Brasil. O Estatuto da Cidade, apesar de não contemplar claramente as técnicas de reparcelamento do solo, trouxe novos instrumentos como: gestão democrática; parcelamento, edificação ou utilização compulsórios; desapropriação com pagamento em títulos da dívida pública; usucapião especial; direito de superfície; direito de preempção; operações urbanas consorciadas; e transferência do direito de construir, que facilitaram a introdução destas técnicas em todo o território nacional.

## 5 A INTEGRAÇÃO DE GEOINDICADORES E REPARCELAMENTO DO SOLO

A filosofia natural e a ciência trouxeram alívio para o que poderia ser o paradoxo essencial da existência humana. A vontade da expansão perpétua – ou liberdade pessoal – é básica ao espírito humano. Para sustentá-la precisamos da mais delicada e conhecedora administração do mundo vivo que se possa planejar. A princípio, expansão e administração podem parecer objetivos conflitantes, mas na realidade o que acontece é o oposto. A profundidade da ética da conservação será medida pela extensão com a qual cada uma das abordagens à natureza for usada para remodelar e reforçar a outra. O paradoxo pode ser resolvido ao se transformar suas premissas em formas mais adequadas à sobrevivência, incluindo a proteção ao espírito humano.

WILSON, E. O. **Biodiversidade**. Tradução Marcos Santos. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 657p, p21.

### 5.1 O modelo

O reparcelamento do solo tem como principal característica a procura de um desenvolvimento urbano eqüitativo para os proprietários dos terrenos com benefícios extensivos a toda comunidade, tendo o princípio ético como essência.

O termo uso do solo denota a infra-estrutura física construída, a utilização social da terra, a intervenção no ambiente natural, além do direito à propriedade. No modelo proposto o desenvolvimento sustentável do uso do solo urbano é designado como desenvolvimento urbano ético, para evitar as ambigüidades do termo sustentável.



O desenvolvimento urbano ético se fundamenta no planejamento interdisciplinar e na participação comunitária. Tem como objetivo o desenvolvimento econômico, com equidade social e baseado em um ambiente natural saudável.

As realizações da Engenharia Civil, infra-estrutura, promovem a interface entre a natureza e o gênero humano: estradas, linhas férreas, túneis, barragens, aeroportos, movimentos de terra, depósitos de resíduos e outras obras devem estar em equilíbrio com a natureza; se não, elas não têm longa duração e, para mantê-las, são necessários grandes gastos de manutenção ou de preservação ambiental. Produtos fidedignos da Engenharia foram, são e serão realizados em bom equilíbrio com o meio ambiente (GRESCHIC & GÁLOS, 1998).

A integração da infra-estrutura necessária com desenvolvimento econômico e equidade social sobre um ambiente natural saudável é a base do desenvolvimento urbano ético (Figura 23). A conservação do ambiente natural é fundamental para qualquer proposta de desenvolvimento urbano visando também às próximas gerações.

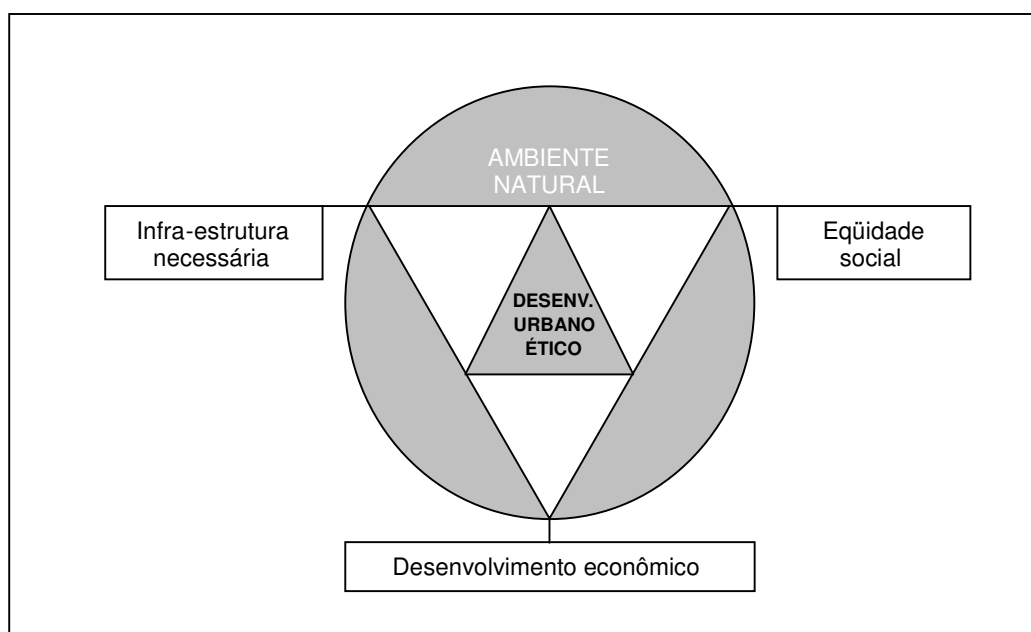


Figura 23 – Desenvolvimento Urbano Ético

Fonte: Autor.

As respostas às mudanças ambientais, para manter um desenvolvimento continuado, devem ser a preservação e a reabilitação ambiental, para isso é fundamental conhecer de forma abrangente todos os processos naturais.

O conhecimento amplo do estado atual do ecossistema é um pré-requisito fundamental para a construção de bons indicadores, que reflitam como as funções ecológicas são agredidas pelas pressões ambientais (WIGGERING & RENNINGS, 1997).

Segundo González et alli (1995), o conceito de indicadores pode ser usado para considerar as mudanças ambientais nos processos de avaliação de impacto de planos de desenvolvimento. Mesmo com todas as dificuldades de serem previstas, as mudanças ambientais podem trazer conseqüências que necessitam serem avaliadas no estabelecimento de cenários futuros.

No contexto geológico os mecanismos de degradação do solo coincidem com alterações na dinâmica dos processos do meio físico e, assim, um indicador deve fornecer, através de um ou mais parâmetros, uma medida da magnitude da degradação, ou alteração, atingida pelo processo (BITAR et alli, 1993).

Segundo Gupta (2002), os geoindicadores são necessários para avaliar e monitorar as mudanças na qualidade do ambiente urbano e propor decisões corretas de gerenciamento, principalmente onde a localização da cidade é potencialmente arriscada.

Na Figura 24 é proposto um esquema de desenvolvimento urbano ético em áreas frágeis ou de forte dinâmica ambiental, que será testado de forma hipotética no estudo de caso.

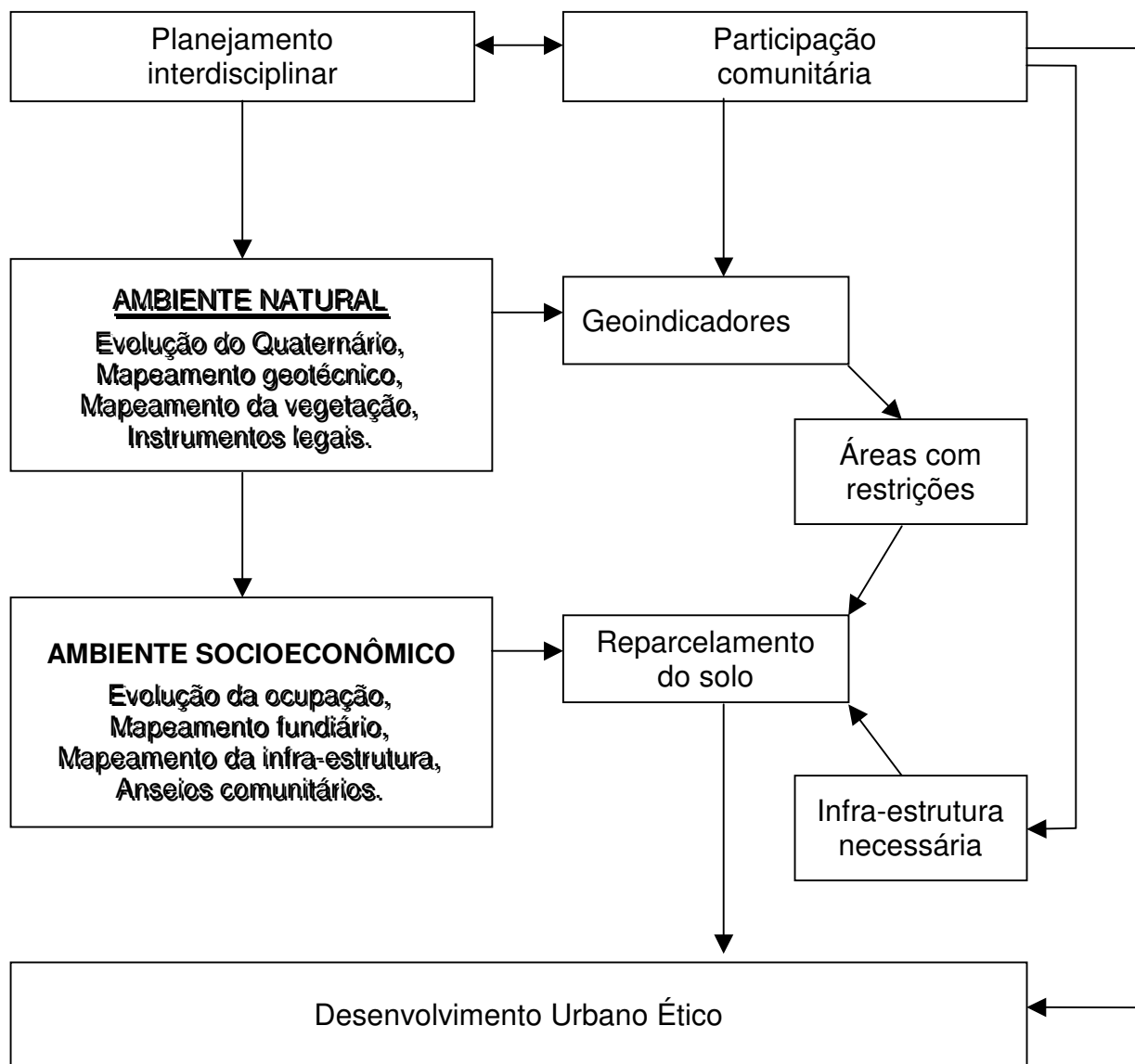


Figura 24 – Esquema de Desenvolvimento Urbano Ético em Áreas Frágeis e/ou de Forte Dinâmica Ambiental.

Fonte: Autor.

## 5.2 Estudo de caso

### 5.2.1 A escolha da área

A densidade demográfica média nacional da zona costeira é de 87 hab./km<sup>2</sup>, cinco vezes superior à média nacional, que é de 17 hab./km<sup>2</sup>. Hoje, metade da população reside a não mais de duzentos quilômetros do mar, o que equivale a um efetivo de mais de 70 milhões de habitantes, cuja forma de vida diretamente impacta os ambientes litorâneos. E a forma de vida amplamente predominante no Brasil é a citadina, com quase 80% da população vivendo em meios urbanos (MORAES, 1999).

Segundo Muñoz (1997), de uma maneira geral os maiores problemas do espaço costeiro são expressos nas circunstâncias abaixo.

1. **Localização inadequada de certos usos e atividades econômicas** em relação com a vulnerabilidade da zona costeira à dinâmica litorânea (erosões, inundações), aos fenômenos atmosféricos ou meteorológicos (ciclones, tornados, furacões), sísmicos (tsunamis) e biológicos (marés vermelhas).
2. **Alteração do equilíbrio físico-natural**, com a introdução de espécies exóticas, construção entre dunas e praias, construção de represas, fragmentação de ecossistemas, exploração de água subterrânea, e outros.
3. **Transformação ou perda de habitats e formas costeiras** (aterro de mangues e áreas úmidas, ocupação de dunas).
4. **Degradação da paisagem natural e perda do patrimônio cultural.**
5. **Técnicas e usos inadequados dos recursos** (pesca com descarte alto, urbanização intensiva de praia contígua ao mar).
6. **Sobreexploração dos recursos** (extração de areias, pesca e marisco, sem respeitar seus ciclos).
7. **Perda da biodiversidade** (destruição de habitats e exploração concentrada de poucas espécies, rompendo cadeias alimentares).
8. **Contaminação de águas doces** (superficiais e subterrâneas) **e marinhas.**
9. **Perda do caráter público dos espaços costeiros e dos recursos marinhos.**
10. **Deficiência na gestão de zonas costeiras**, causa ou origem de todos os problemas.

A zona costeira é um dos ambientes mais dinâmicos da superfície terrestre. A posição da linha de costa se moveu de forma significativa nos últimos 18.000 anos, devido à subida global do nível do mar de cerca de 100 metros, sendo fato que as mudanças continuam atualmente.

Como as áreas costeiras estão sendo ocupadas progressivamente e sujeitas crescentemente ao risco de acidentes por sua exposição, é necessário desenvolver urgentemente geoindicadores confiáveis para predições futuras.

Retiradas sistemáticas de água subterrânea de aquíferos costeiros resultam em rebaixamentos regionais dos níveis freáticos. Como resultado, o fluxo de base dos canais de água doce que drenam a região declinam, e pequenos lagos e banhados podem desaparecer.

Em regiões costeiras uma grande ameaça aos aquíferos é a intrusão salina, pelas águas do oceano. Um regime intensivo de bombeamento de poços de abastecimento pode provocar o deslocamento, para o interior da zona costeira, da interface água doce/água salina. Outra possível fonte poluidora de grande importância nestes aquíferos é a representada pelos sistemas sépticos.

Uma consideração importante no gerenciamento de águas subterrâneas é sua vulnerabilidade a fontes de contaminação; as baixas velocidades das águas subterrâneas fazem com que contaminantes que as atinjam permaneçam muito tempo dentro do sistema. Projetos de remediação geralmente são muito caros e com resultados insatisfatórios. Por estes motivos a melhor solução é a prevenção.

Segundo Rees (1999), a sociedade precisa reconhecer o valor dos recursos costeiros e decidir o que necessita ser protegido, devendo assegurar que o uso ou exploração destes sejam realizados de forma sustentável, pelo desenvolvimento de política, legislação e educação apropriadas, baseadas em sólidos princípios científicos. É necessário avaliar não somente os recursos, como também os processos que os afetam e as pressões que lhe são impostas.

A região nordeste da Ilha de Santa Catarina apresenta um aquífero muito importante para o abastecimento público do município de Florianópolis, e uma taxa de ocupação urbana expressiva sem infra-estrutura adequada, que podem comprometer este recurso no futuro (Apêndice 2). Este foi o principal motivo na escolha desta área.

### 5.2.2 Localização

A área objeto deste estudo de caso se situa no nordeste da Ilha de Santa Catarina, Município de Florianópolis, Estado de Santa Catarina, entre 27º 25' e 27º 30' LS e entre 48º 20' e 48º 25' LW. Compreende o distrito de Ingleses do Rio Vermelho e parte do distrito de São João do Rio Vermelho (Fig. 25 e 26). Possui cerca de 32 km<sup>2</sup> e tem como seus limites: norte – praia dos Ingleses; sul – Lagoa da Conceição; leste – praias do Santinho e de Moçambique, morros de Ingleses e das Aranhas; e a oeste – as encostas do maciço cristalino denominadas localmente de Morro: do Muquém, do Caçador, da Sinaleira, das Capivaras, dos Marques, do Rio Vermelho e do Tijucu (Fig. 27).

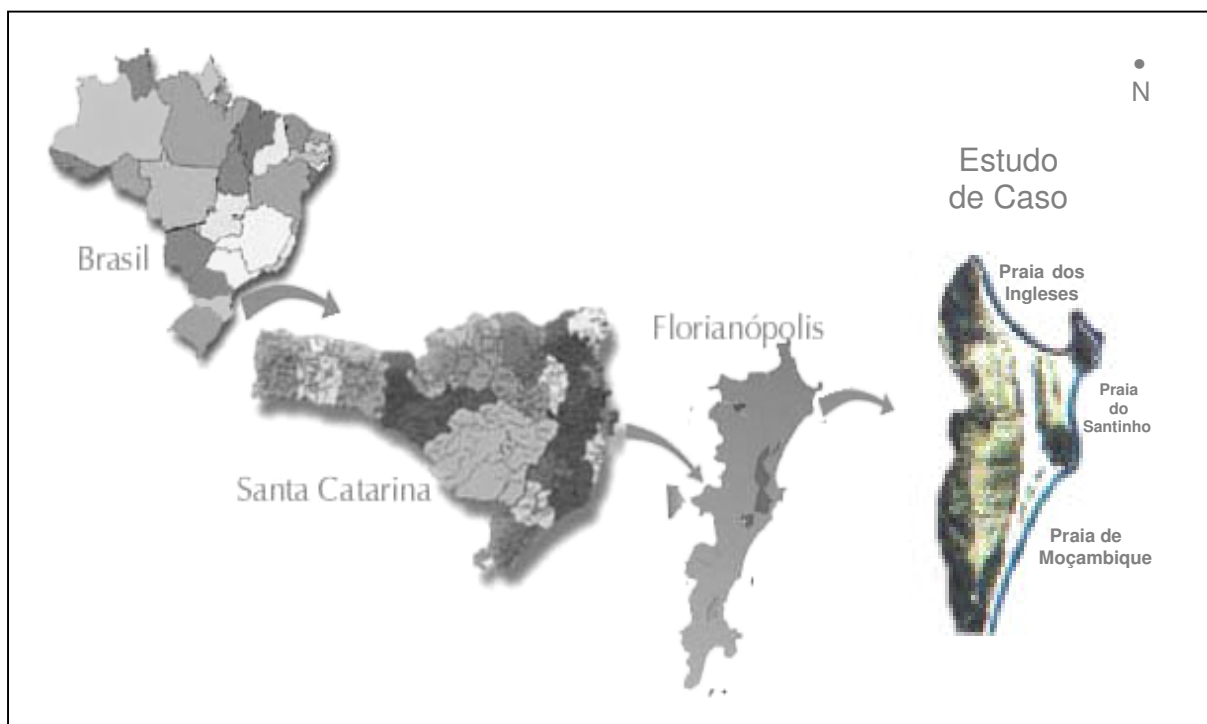


Figura 25 – Mapa de Situação, sem escala.

Fonte: Modificado IPUF <http://www.ipuf.sc.gov.br> )

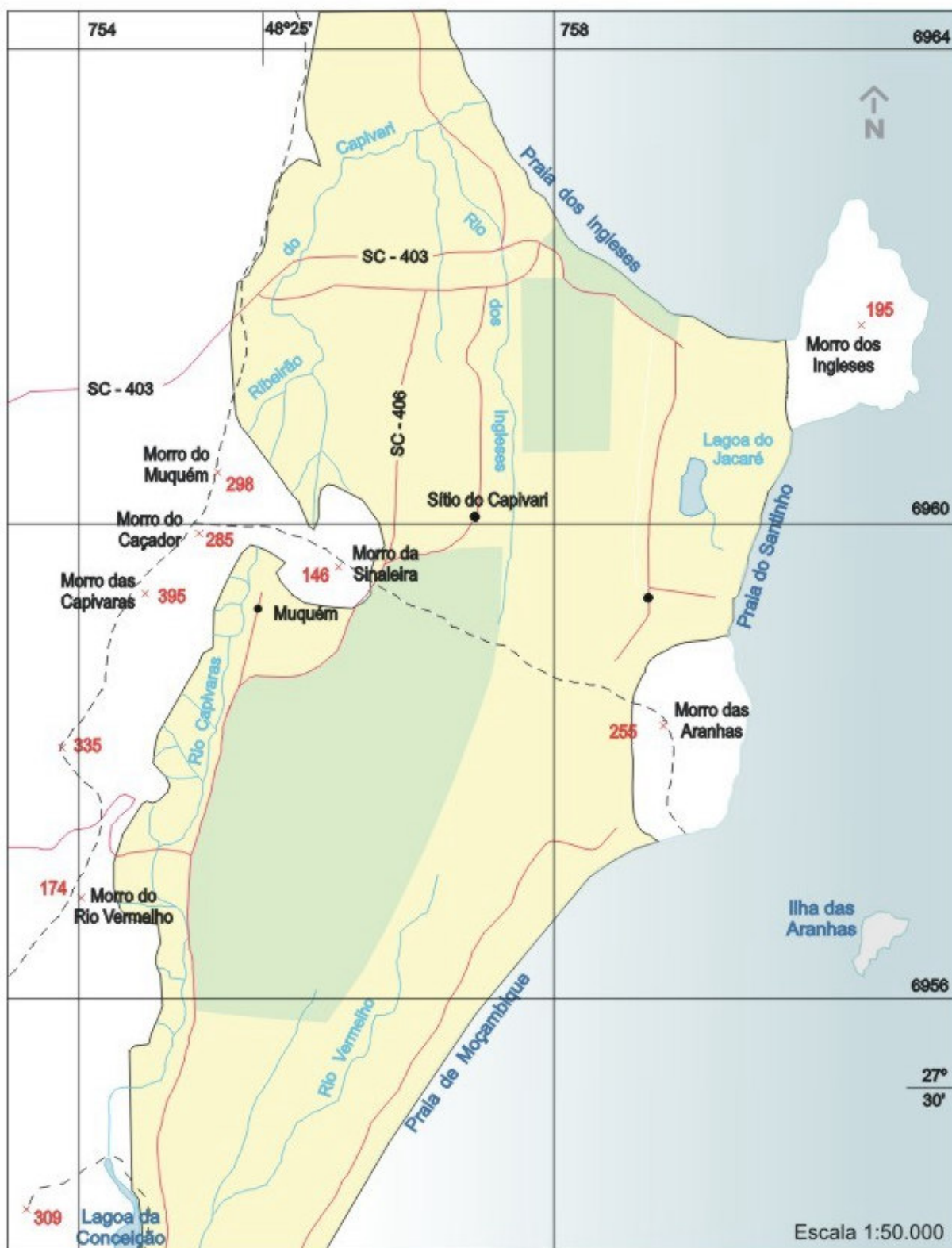


Figura 26 – Mapa de Localização  
Fonte: IPUF 2000

#### LEGENDA

- x 309 Cotas Altimétricas
- Curso d'água
- Vias Principais
- Limite de Distrito

- Área em Estudo
- Reparcelamento do Solo



Figura 27 – Foto aérea oblíqua mostrando a área de estudo de caso (em vermelho áreas propostas para reparcelamento do solo) .  
Fonte: Fotoimagem - 1997



A rede hidrográfica está representada por pequenos rios como Ribeirão do Capivari, Rio dos Ingleses, Rio Capivaras e Rio Vermelho. Existem outros pequenos riachos, alguns efêmeros, de pequena extensão, além da Lagoa do Jacaré e outros locais onde o lençol freático por vezes aflora.

### **5.2.3 Características da área**

#### **AMBIENTE NATURAL**

##### **CLIMA**

A classificação climática do município de Florianópolis, segundo critérios de Köeppen, é do tipo Cfa, situado em zona intermediária subtropical pertencente ao grupo mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano. As variações de temperatura possuem estreita correlação com a proximidade do mar, que desempenha um papel regulador, reduzindo contrastes térmicos. Os ventos predominantes ao longo do ano são aqueles do quadrante N-NE, os ventos do quadrante S-SE são os de intensidade maior.

##### **GEOLOGIA**

Durante o Holoceno (Quaternário), a Ilha de Santa Catarina foi na realidade um arquipélago, pois o nível do mar esteve acima do atual. As diversas ilhas eram constituídas, como as atuais, pelos maciços rochosos graníticos. A sedimentação e o abaixamento progressivo do nível do mar nos últimos 2.500 anos permitiu a interligação da maioria das ilhas por depósitos de mais variada natureza: areias marinhas, argilas orgânicas lagunares, dunas de areia, etc. (MARTIN et alli, 1988) .

Enquanto os processos costeiros construíram uma nova paisagem, os processos morfoclimáticos atuaram nas áreas emersas no sentido de dissecar os maciços rochosos, produzindo os morros e as encostas atuais. Uma transição e interação entre esses dois tipos fundamentais de materiais geológicos e formas de relevo é

representada pelos depósitos de vertente do compartimento colúvio-aluvionar. Desta forma pode-se sintetizar a paisagem da seguinte maneira:

- Morros, outeiros, montanhas, vertentes, encostas: feições em geral situadas acima da cota 10 m com declividade maior que 20°, constituídos por rochas graníticas cinza a rosa, esporadicamente cortadas por diques de outros tipo de rocha (geralmente diabásio cinza-escuro). Com exceção das escarpas onde aflora a rocha, esses maciços normalmente estão recobertos por uma camada de solo avermelhado, de espessura variável, com blocos de rocha aparentes ou imersos no seu interior;

- Rampas (superfícies em geral situadas abaixo da cota 50 m, e acima da cota 5m, com declividade entre 10° e 20°): feições de transição, constituídas tanto por antigas dunas de coloração amarronzada que foram suavizadas (dissipadas), como por antigos escorregamentos aplainados (colúvios), de coloração avermelhada;

- Planícies (superfícies em geral situadas abaixo da cota 5 m, com declividades inferiores a 5°): depósitos sedimentares inconsolidados constituídos por camadas de areia e argila, de cores cinza a negra, às vezes amarelada ou esverdeada, com espessura e extensão muito variáveis. Os ambientes marinhos, lacustres, eólicos, fluviais e de leques aluviais que determinaram as condições de deposição dos sedimentos ocorrem isoladamente ou se justapõem.

## **MAPA GEOTÉCNICO**

Santos (1997) realizou a integração de dados pedológicos, geológicos e geotécnicos do Município de Florianópolis com aplicação ao uso do solo em obras de engenharia consubstanciadas no Mapa Geotécnico do Município de Florianópolis. A região do estudo de caso apresenta as seguintes unidades geotécnicas (Figura 28).

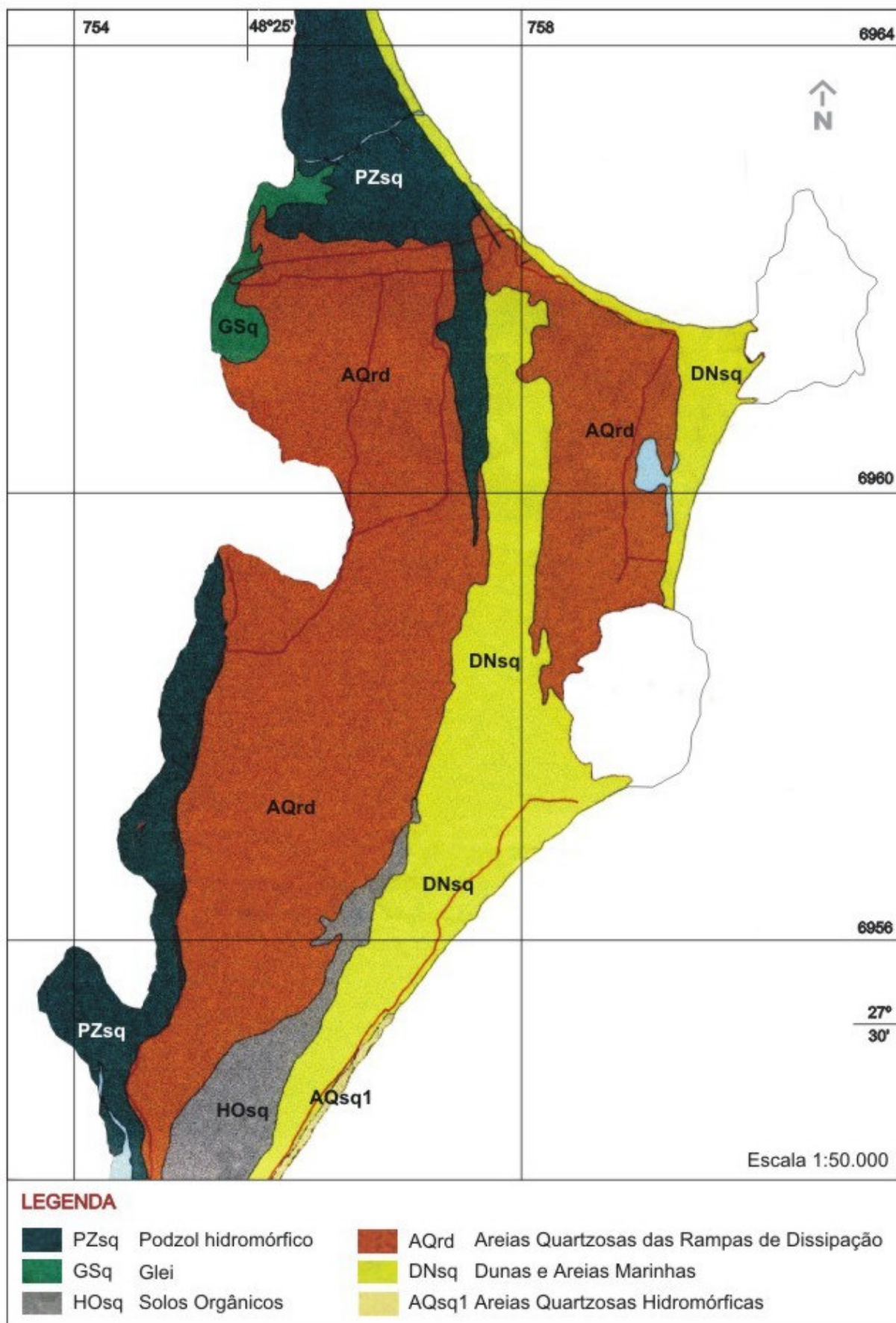


Figura 28 – Mapa das Unidades Geotécnicas.

Fonte: SANTOS (1997).

### **PZsq – Solos Podzol Hidromórficos**

Solos Podzol Hidromórfico + Areias Quartzosas Hidromórficas, textura arenosa, substrato de sedimentos quaternários, relevo plano. Os Podzóis apresentam textura arenosa e, por serem hidromórficos, apresentam problemas para a instalação de fossas e sumidouros. Além disso, podem apresentar, na base do horizonte B, uma camada extremamente dura, compacta e pouco permeável.

### **Gsq – Glei**

Glei Ta textura média + Areias Quartzosas Hidromórficas + Solos Orgânicos, textura siltosa e média, substrato de sedimentos quaternários, relevo plano. É constituída por depósitos fluviolagunares, intercalando camadas siltico-argilosas com camadas arenosas, ocorrendo, freqüentemente, níveis de solo orgânico de baixa capacidade-suporte entre elas. Normalmente são áreas inundáveis, e o nível freático encontra-se próximo à superfície do terreno. Nessas condições, a execução de fossas e sumidouros pode contaminar o lençol freático.

### **HOsq – Solos Orgânicos**

Solos Orgânicos, Ta, substrato de sedimentos quaternários, textura siltosa e média, relevo plano. Normalmente são solos muito compressíveis, ocorrem em regiões alagadiças onde é desaconselhável a urbanização, tanto pela insalubridade do ambiente como pela inadequabilidade para a execução de fossas e sumidouros.

### **AQrd – Areias Quartzosas das Rampas de Dissipação**

Areias Quartzosas das Rampas de dissipação, textura arenosa, substrato de sedimentos terciários e quaternários, relevo ondulado e suave-ondulado. São dunas pleistocênicas que receberam contribuição dos óxidos de ferro dos solos de alteração de granito, apresentando certo grau de cimentação no estado natural. Apresentam boa drenabilidade e lençol d'água mais profundo. Os taludes expostos devem ser suaves e protegidos por vegetação com espécies apropriadas. Esta unidade quando confinada apresenta boa capacidade-suporte para fundações.

### **AQsq1 – Areias Quartzosas Hidromórficas**

Areias Quartzosas Hidromórficas + Areias Quartzosas Marinhas + Podzol Hidromórfico, textura arenosa + Gleis, textura média, substrato de sedimentos

quaternários, relevo plano. A drenagem desses solos é rápida. Escavações devem ser escoradas para evitar desmoronamentos das valas. Fossas e sumidouros são problemáticos pela presença do lençol freático próximo à superfície.

### **DNsq – Dunas e Areias Marinhas**

Dunas e areias marinhas, textura arenosa, substrato de sedimentos quaternários relevo ondulado e suave-ondulado. A movimentação de dunas pela ação eólica pode causar transtornos como invasão de moradias e recobrimento de estradas. A movimentação das areias marinhas, pelas ondas do mar, pode provocar erosões com a remoção do solo.

## **MAPA DA VEGETAÇÃO**

Coura Neto (1997) definiu as regiões fitoecológicas através dos estudos dos remanescentes da cobertura vegetal primitiva e da vegetação secundária da Grande Florianópolis, nos seus diferentes estágios. Baseado neste estudo, a área em questão apresenta as seguintes unidades de mapeamento (Figura 29).

### **Região da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica)**

A Floresta Ombrófila Densa é caracterizada por fanerófitas geralmente com brotos foliares sem proteção contra a seca, evidenciando a ausência de estacionalidade. Na região aparecem as formações abaixo.

#### **Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas – Db.**

Esta formação ocorre revestindo sedimentos fluviais e fluvimarinhas do Quaternário, em altitudes que variam de 5 a 30 m acima do nível do mar. As áreas de relevo mais plano desta formação têm sido utilizadas intensamente para policultura e pastagens, em outras áreas foi substituída por lavouras e, posteriormente, abandonadas, contribuindo para a formação de vegetação secundária de origem antrópica, em diferentes estágios de capoeirinhas, capoeiras e capoeirões, com possibilidade de evolução para florestas secundárias.

### **Floresta Ombrófila Densa Submontana – Ds.**

Esta formação reveste área do Pré-Cambriano, em altitudes que vão de 30 a 400 m acima do nível do mar, cujos solos são os Cambissolos e os Podzólicos. A principal característica desta floresta são as árvores de grande porte e a densa ocorrência de epífitas, bromeliáceas e lianas. Em face dos extensos e desordenados avanços da atividade humana sobre a vegetação primária, a maior parte desta área foi profundamente descaracterizada, cedendo espaços a culturas cíclicas, pastagens, bem como ao aparecimento da vegetação secundária constituída por diversos estágios evolutivos, agrupados sob a denominação de: capoeirinha, capoeira e capoeirão.

### **Área das Formações Pioneiras**

Estas formações se encontram ao longo do litoral, recobrando sedimentos arenosos do Quaternário. A fitofisionomia desta formação é preferencialmente herbácea ou arbustiva e mais raramente arbórea. Compreende áreas pedologicamente instáveis, pela constante deposição de areia do mar e pelo rejuvenescimento do solo ribeirinho, com as deposições aluviais e lacustres.

### **Vegetação com Influência Marinha (Restinga) – Pma, Pmb, Pmh.**

A vegetação de restinga ocorre ao longo do litoral, recobrando a maior parte dos depósitos eólicos, representados por dunas fixas e móveis. As espécies arbustivas e arbóreas são encontradas junto às encostas das dunas fixas ou semimóveis protegidas da ação eólica, formando às vezes cordões paralelos ao longo do litoral.

### **Vegetação com Influência Fluvial e Lacustre – Pahs.**

Trata-se de comunidades vegetais que ocorrem em planícies aluviais do Quaternário. Fitofisionomicamente, a vegetação herbácea domina neste ambiente, sendo representada por gramíneas e ciperáceas.

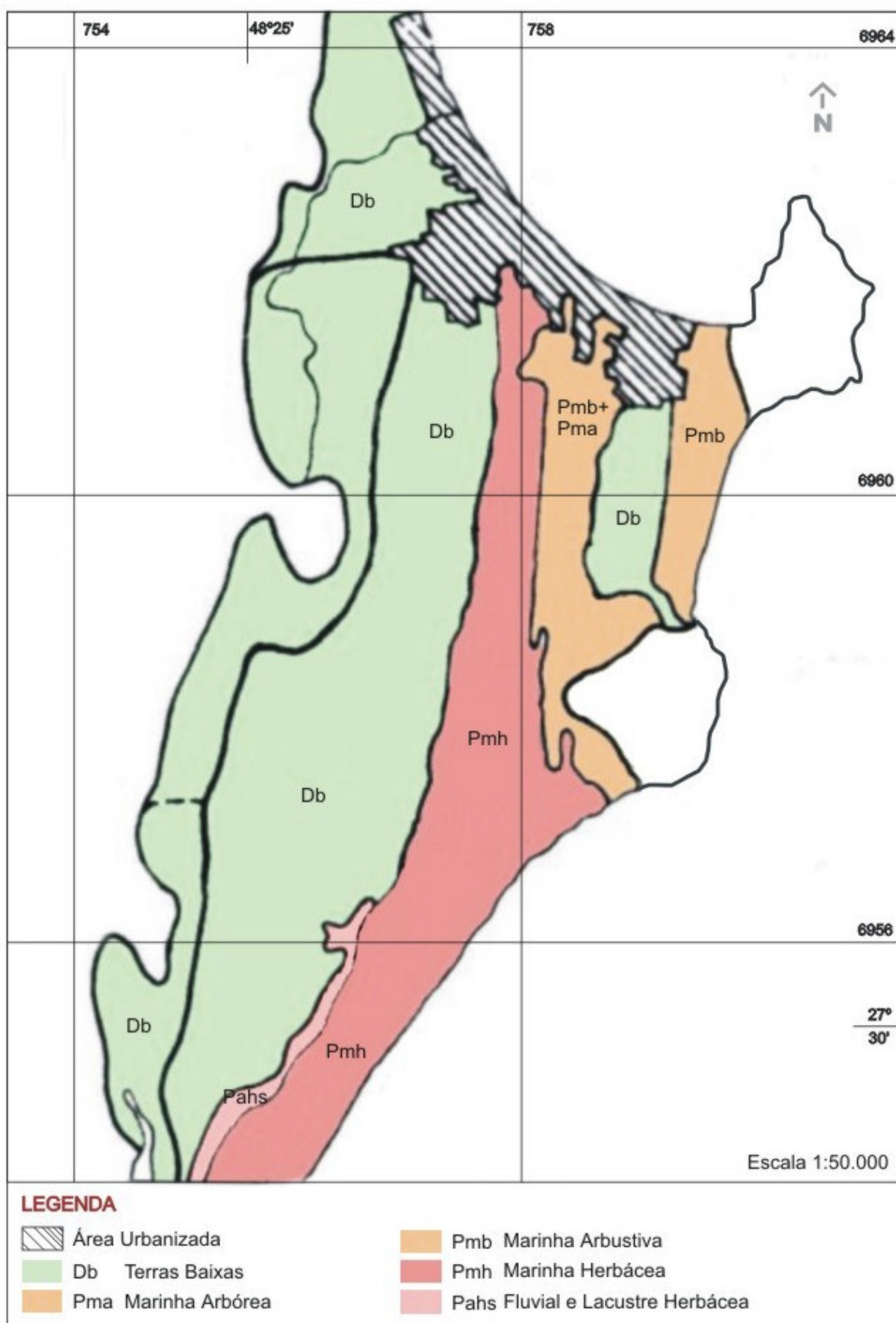


Figura 29 – Mapa da Vegetação  
Fonte: COURA NETO (1997).

## **INSTRUMENTOS LEGAIS**

Os instrumentos legais, que respaldam a definição dos condicionantes do ambiente natural, para a determinação do uso e ocupação do solo, encontram-se dispostos nas legislações Federal, Estadual e Municipal.

A Lei Federal nº 4.771/65, que instituiu o Código Florestal Brasileiro, alterada pela Lei nº 7.803/89, estabeleceu os critérios usados na definição das áreas que serão ou poderão ser consideradas como de Unidades de Conservação, nas suas várias categorias. O Código Florestal considerava todas as áreas de preservação como sendo de Preservação Permanente, porém a Lei nº 6.938/81, no seu Art. 18, transformou todas estas áreas em Reservas ou Estações Ecológicas. A Resolução nº 004/85, do CONAMA, define os critérios para se fazer a delimitação das áreas consideradas Reservas Ecológicas.

Com referência às áreas de dunas, a legislação ambiental é muito clara sobre a preservação da vegetação fixadora delas, deixando as áreas de dunas móveis a descoberto (Lei nº 4.771/65, Res. 004/85). Como a legislação deixa dúvidas sobre a preservação das dunas móveis, o Município, através do Decreto nº 112/85, tombou as áreas constituídas por dunas como Monumento Natural e Paisagístico do Município.

A Lei Federal nº 7.661/88 institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, que tem por finalidade orientar a utilização racional dos recursos da Zona Costeira. As diretrizes deste plano servirão de base para a elaboração do Plano de Gerenciamento Costeiro de cada Estado, que, por sua vez, orientará os Planos de Uso do Solo para cada Município da Zona Costeira, já definida na Constituição Federal como Patrimônio Nacional, justificando, portanto, ações específicas do Poder Público para conservá-la, ordenando sua ocupação.

Em âmbito estadual, a Lei nº 5.793/80 contém muitos aspectos que devem ser observados na definição do uso e ocupação do solo, como por exemplo: os promontórios, os mananciais, os estuários e as lagunas, que são Áreas de Proteção



Especial. Com vista à preservação ambiental, é proibido o parcelamento do solo nas Áreas de Proteção Especial.

Pelos critérios adotados na definição do zoneamento de uso e ocupação do solo, Lei Municipal nº 2193/85 (Plano Diretor dos Balneários), a área objeto deste estudo de caso apresenta os seguintes tipos de uso do solo (Figura 30): APP – Área de Preservação Permanente (encostas, dunas e parques); APL – Área de Preservação com Uso Limitado (encostas); AER – Área de Exploração Rural; e, Áreas Urbanizáveis (ATR – Área Turística Residencial, ARP – Área Residencial Predominante e ARE – Área Residencial Exclusiva).

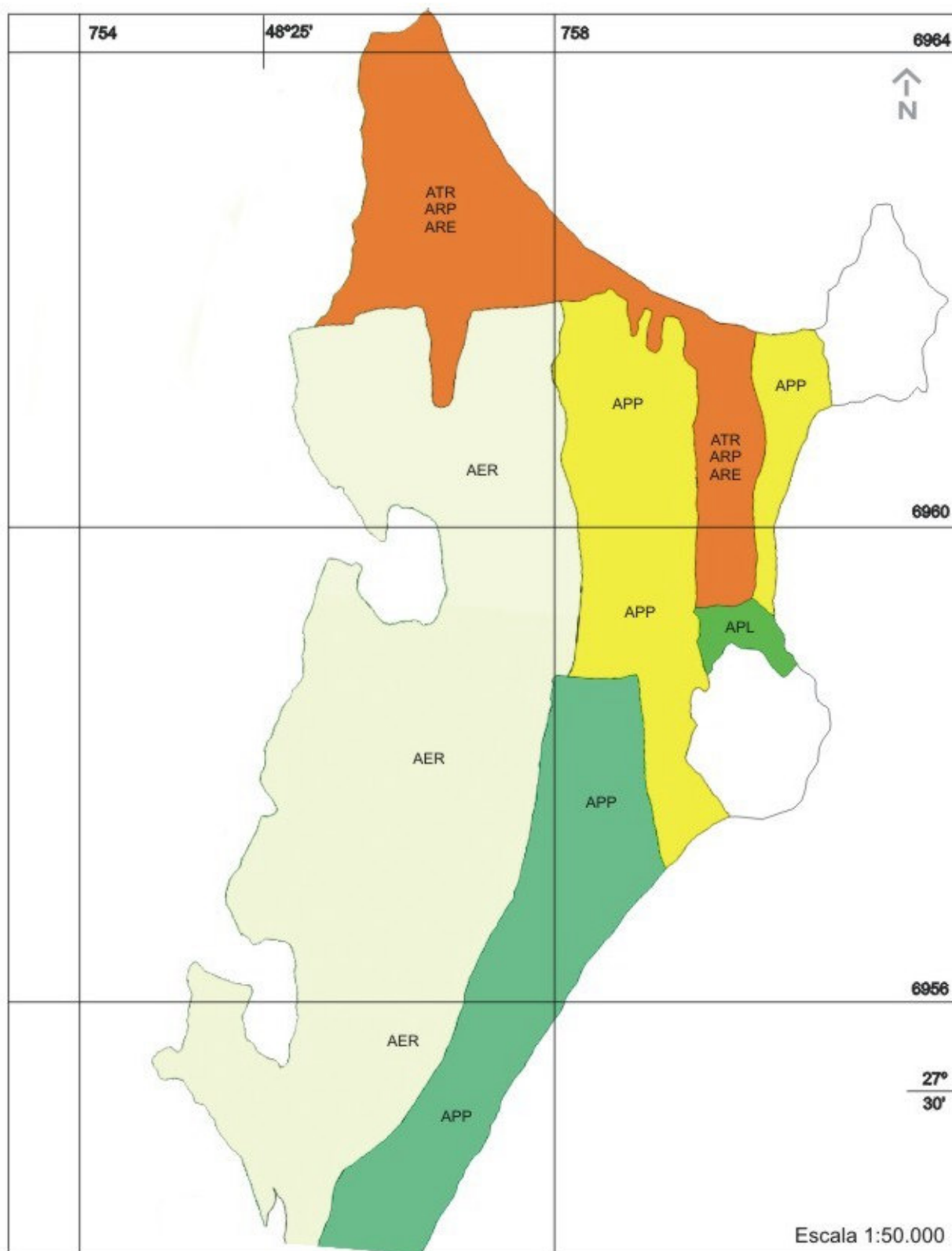


Figura 30 – Mapa de Macrozoneamento

Fonte: Modificado - IPUF (<http://www.ipuf.sc.gov.br>)

**LEGENDA**

- |  |   |
|--|---|
|  APP Encostas |  APP Dunas                      |
|  APL Encostas |  AER Área de Exploração Rural   |
|  APP Parques  |  ATR/ARP/ARE Áreas Urbanizáveis |

## Ambiente socioeconômico

### EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO

Inglese do Rio Vermelho fazia parte da antiga Freguesia de São João do Rio Vermelho; o desmembramento dessas comunidades se deu com a Lei Municipal nº 531 de 1962, que criou o Distrito de São João do Rio Vermelho.

A Figura 31 mostra a evolução do sistema viário, demonstrando que de 1957 a 1976 não houve aumento expressivo da ocupação urbana. Em compensação, desta data em diante ocorreu uma grande proliferação de vias, a maioria servidões clandestinas sem infra-estrutura adequada.

O crescimento demográfico dos distritos de Inglese do Rio Vermelho e São João do Rio Vermelho apresentou taxas de crescimento expressivas, principalmente no período 1991/2000, quando foram de 12,3 e 15,5% anuais respectivamente (Quadro 15), bastante superiores às do Município de Florianópolis, que foi de 3,3% ao ano.

Quadro 15 – Taxa geométrica de crescimento Distritos Inglese e São João do Rio Vermelho/Município de Florianópolis

Região	1980	1991	2000	1980/91	1991/2000
	População	População	População	Taxa anual	Taxa anual
Inglese do Rio Vermelho	2.695	5.809	16.439	7,2	12,3
São João do Rio Vermelho	1.223	1.864	6.796	3,9	15,5
Município de Florianópolis	187.871	255.390	341.781	2,8	3,3

Fonte: IBGE – Censos Demográficos 1980/1991/2000 (dados brutos)

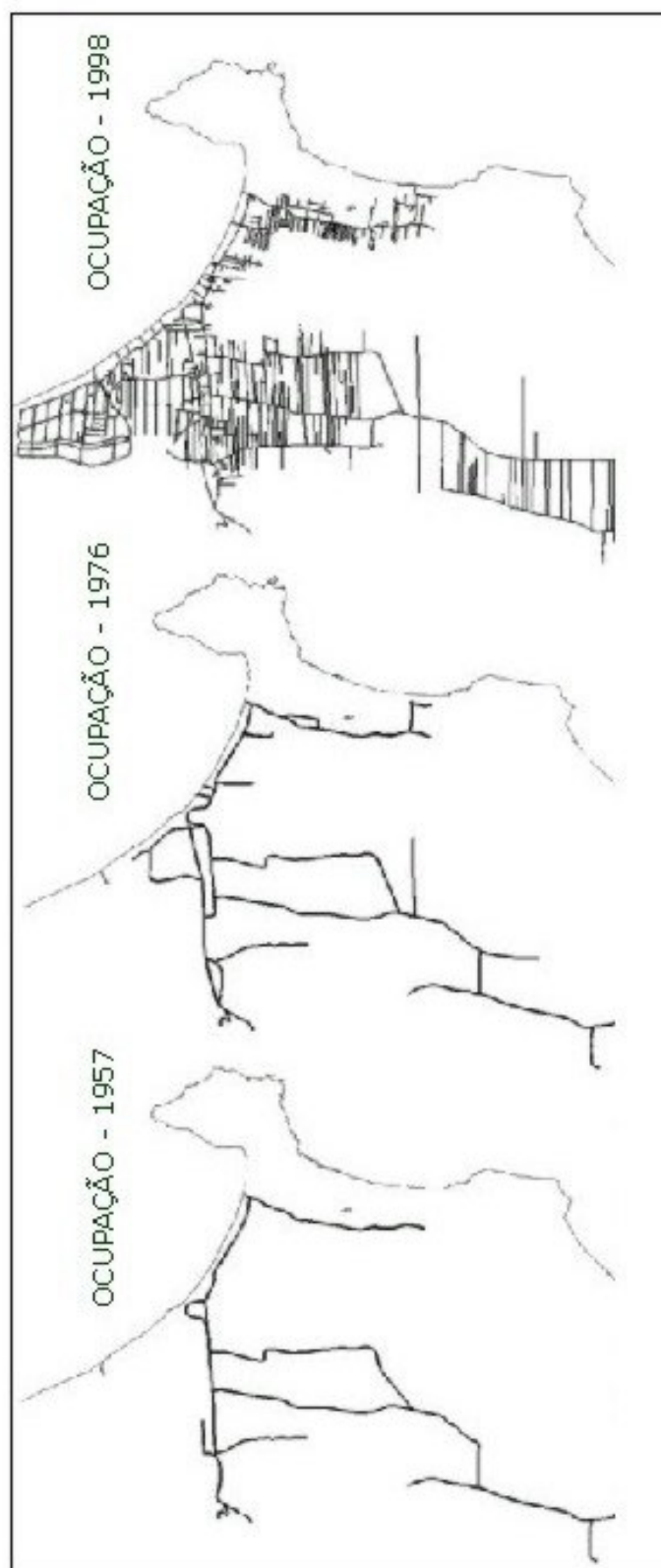


Figura 31 – Evolução da Ocupação. Escala: 1:100.000.  
Fonte: Autor.

## SITUAÇÃO FUNDIÁRIA

A estrutura fundiária tem sua origem na maneira como foram distribuídas as antigas parcelas de terras no período colonial. As glebas tinham como limites, de um lado, o mar, e do outro, os divisores de águas ou travessões. No decorrer dos séculos essas terras foram sendo subdivididas no sentido longitudinal, resultando no atual padrão de glebas estreitas (20 a 60 metros) com centenas de metros de profundidade (400 a 1.500 metros).

Em conseqüência dessa estrutura fundiária arcaica, houve uma ocupação linear, do tipo espinha de peixe. A tradição dos posseiros em dividirem longitudinalmente as propriedades para seus herdeiros (diminuindo a largura das glebas) foi sendo alterada, e passou-se à abertura de longas servidões com desmembramentos de lotes no sentido transversal. Este tipo de domínio caracteriza a chamada posse que dá ao indivíduo um direito precário de propriedade, facilitando a ação de grileiros.

Esta prática de parcelamento de terras sem título de propriedade, ou seja, simples desmembramentos de posses, deu origem a problemas litigiosos como invasões e múltiplas titulações. Por outro lado, estas subdivisões, por serem clandestinas, nunca se submeteram às exigências legais do parcelamento do solo, que prevêem dimensões mínimas de lotes urbanos, percentagem de áreas públicas, arruamentos padronizados e áreas verdes.

Dessa forma, a questão fundiária e de titulação não regulamentada, aliada à falta de fiscalização da Prefeitura e a busca do lucro imediato pelos proprietários das terras resultam numa ocupação crescentemente caótica, que atinge grande parte da área e que exigirá no futuro, se não forem tomadas medidas enérgicas e urgentes de planejamento e gestão urbana, grandes investimentos públicos em desapropriações para proporcionar a infra-estrutura necessária para a qualidade de vida desta população.

A predominância de escrituras de posse funciona como estímulo à clandestinidade, já que sem titulação real da propriedade a Prefeitura não pode aprovar oficialmente as construções e exigir o cumprimento das normas como

afastamentos, áreas edificáveis, áreas de uso público, vias de acessos e outras. De forma semelhante, os lotes oriundos de parcelamentos clandestinos também não dão ensejo à regularização de edificações.

## **INFRA-ESTRUTURA**

O zoneamento Área de Exploração Rural (AER), conforme o plano diretor atual, limita o uso e a ocupação do solo, proibindo loteamentos, desmembramentos e condomínios fechados, com exceção de sítios de lazer com áreas acima de 5.000 m<sup>2</sup>. O impedimento pela legislação para criação de novos loteamentos, entretanto, não inibe a proliferação de lotes clandestinos sem infra-estrutura, com vias de acesso subdimensionadas (servidões) e edificações sem os afastamentos adequados.

O abastecimento público de água provém do aquífero subterrâneo local. Somente a praia de Ingleses possui rede de esgotos sanitários, na área restante são utilizadas fossas sépticas e sumidouros, sendo comum a utilização da drenagem pluvial. Segundo o IPUF (1998), a coleta de lixo é realizada diariamente na alta temporada e três vezes por semana no resto do ano, e em muitos locais é dificultada pelo sistema viário precário. Em termos de energia elétrica e telefonia a região está sendo atendida satisfatoriamente.

#### 5.2.4 Geoindicadores

A escolha da área, como já citado, foi devida ao importante aquífero local; é necessário, portanto, considerar os geoindicadores: **nível da água subterrânea** (Anexo 2) e **qualidade da água subterrânea** (Anexo 3). Em regiões costeiras deve ser estudado o geoindicador: **nível relativo do mar** (Anexo 4). Na porção sul da praia de Ingleses observa-se a movimentação de dunas sobre áreas ocupadas e a ação da abrasão marinha; estes fatos ressaltam a importância de utilizar-se também os geoindicadores: **formação e reativação de dunas** (Anexo 5) e **posição da linha de costa** (Anexo 6).

Concomitantes com a crescente urbanização na área objeto do estudo de caso, mudanças ambientais importantes também estão ocorrendo, e os geoindicadores podem ser utilizados para medição destas mudanças:

- geoindicadores são designados como medidas de mudanças geológicas;
- avaliações corretas das mudanças podem ser tomadas no ambiente urbano;
- os dados podem ser utilizados com o objetivo de preservar, ou melhorar, onde for possível, a qualidade do ambiente natural urbano.

O Quadro 16 relaciona os geoindicadores pertinentes ao estudo de caso com a Agenda 21 Global; três assuntos não explicitados nesta Agenda, mas também importantes para o planejamento e o gerenciamento ambiental, foram incluídos: integridade e saúde do ecossistema; exploração mineral, petrolífera e de gás; e reservatórios, barragens, sistemas de irrigação e canais.

Quadro 16 – Geoindicadores pertinentes ao estudo de caso classificados de acordo com a Agenda 21 e outras relações

<b><u>GEOINDICADOR</u></b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
<b>Formação e reativação de dunas</b>	○	□	○	○	□	□	■	○	○	○	■	■	■	○	○
<b>Qualidade da água subterrânea</b>	■	■	○	■	■	○	○	□	□	□	□	□	■	■	■
<b>Nível da água subterrânea</b>	□	■	○	■	■	□	□	□	■	□	□	□	■	□	■
<b>Nível relativo do mar</b>	○	□	□	○	■	■	○	○	○	○	○	■	■	○	○
<b>Posição da linha de costa</b>	○	□	■	○	■	■	○	○	○	○	□	■	■	○	○

■ **Importante**      □ **Possível**      ○ **Limitado**

Segundo a Agenda 21:

A Saúde humana (Cap. 6)	B Assentamentos urbanos (Cap. 7)	C Desastres naturais (Cap. 7)
D Água doce (Cap. 18)	E Áreas costeiras (Cap. 17)	F Recursos terrestres (Cap. 10)
G Desertificação (Cap. 12)	H Desenvolvimento em zonas de montanha (Cap. 13)	I Agricultura (Cap. 14)
J Deflorestação (Cap. 11)	K Biodiversidade (Cap. 15)	L Atmosfera e clima (Cap. 9)
Outras Relações:		
M Integridade e saúde do ecossistema	N Exploração mineral, petrolífera, de gás	O Reservatórios, barragens, sistemas de irrigação, canais

Fonte: Berger (2000)



## NÍVEL RELATIVO DO MAR

Áreas costeiras baixas têm grande risco potencial no caso de subida do nível do mar e são grandes as incertezas com respeito a estes processos, portanto os planos de uso do solo devem considerar este aspecto para evitar problemas no futuro.

Muitos dos potenciais impactos do aumento do nível do mar poderão ser minimizados com uma adaptação do uso do solo antecipada e apropriada. Ações efetivas neste sentido requerem uma identificação cuidadosa de áreas vulneráveis e um planejamento de longa duração objetivo. Dadas as incertezas das futuras taxas de aumento do nível do mar, uma adaptação antecipada deve considerar o menor custo e a maior flexibilidade no futuro.

Segundo Martin et alli (1988), há cerca de 120.000 anos o nível do mar estava acima do atual; uma subsequente fase regressiva do mar, que perdurou até 18.000 anos atrás, fez com que a linha de costa regressisse em direção à plataforma continental por cerca de 140 km, gerando uma imensa planície costeira. Martin & Suguio (1986), baseados em datações de amostras de sambaquis, determinaram as flutuações do nível relativo do mar dos últimos 7.000 anos, ao longo da linha costeira do Estado de Santa Catarina (Figura 32), resumidas a seguir:

- o nível relativo do mar ultrapassou, pela primeira vez, o nível atual há aproximadamente 6.500 anos A.P. (Antes do Presente);
- há cerca de 5.100 anos A.P., o nível relativo do mar estava em um máximo situado provavelmente 3,5m acima do atual nível;
- entre 4.100 e 3.800 anos A.P., o nível relativo do mar estava situado abaixo do atual;
- há aproximadamente 3.600 anos A.P., o nível relativo do mar esteve situado cerca de  $2,5 \pm 0,5$ m acima do atual;
- entre 2.900 e 2.700 anos A.P., o nível relativo do mar foi provavelmente inferior ao atual;
- o nível marinho relativo atingiu provavelmente um outro nível alto, cerca de  $2,0 \pm 0,5$ m acima do atual, há aproximadamente 2.500 anos A.P.

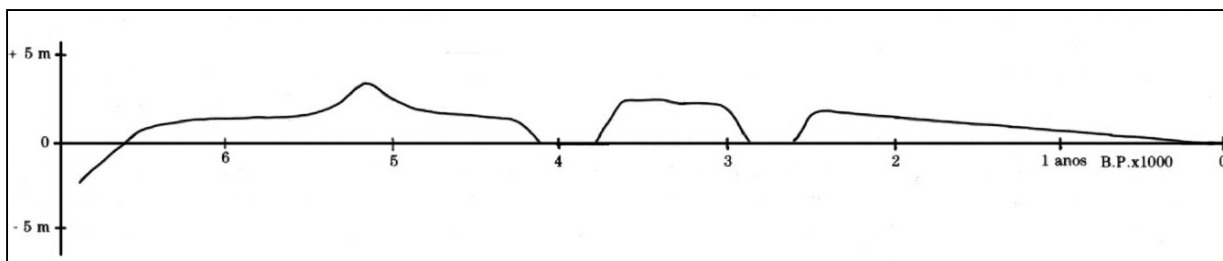


Figura 32 – Curva de variação do nível relativo do mar dos últimos 7.000 anos para a região costeira de Santa Catarina, trecho Itajaí-Laguna.

Fonte: Martin & Suguio (1986).

Segundo Nicholls & Leatherman (1995), mesmo com as incertezas inerentes quanto ao futuro aumento do nível do mar, a direção das mudanças aponta para uma subida global, e o planejamento de zonas costeiras deve considerar estimativas de um aumento médio de 0,5 metro do nível dos oceanos no ano de 2100. Subsidência e soerguimento locais precisam ser estimados no desenvolvimento dos cenários.

## **NÍVEL E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

O sistema de água subterrânea consiste numa massa de água fluindo através dos poros ou fraturas debaixo da superfície da Terra. Constantemente, a água é adicionada ao sistema por recarga das precipitações, e retirada pela descarga da água e pela evapotranspiração. Cada sistema é único, sendo as fontes e quantidades de águas em movimento dependentes de fatores externos como: taxas de precipitação, localização de fluxos e corpos d'água e das taxas de evapotranspiração. Um fator comum para todos sistemas de águas subterrâneas, porém, é que a soma total de água entrando, saindo e armazenada no sistema deve ser conservada.

Rios, lagos e áreas úmidas são partes integrantes dos sistemas de fluxo das águas subterrâneas. É necessário entender a importância relativa de todos os fatores envolvidos, em cada corpo d'água, para um efetivo gerenciamento integrado dos recursos hídricos (WINTER,1999).

Em geral a água subterrânea é considerada um geoindicador universal; a análise correta do nível e da qualidade da água subterrânea proporciona amplas informações sobre os processos geológicos e ambientais (DOMASEVICIUS, 1999).

Os geoindicadores relacionados às águas subterrâneas podem ser classificados em três grupos (Figura 33). O primeiro caracteriza o abaixamento e a subida do nível da água subterrânea, devidos à exploração e à recarga. O segundo inclui as conseqüências dos processos de deterioração da qualidade da água subterrânea. O último abarca o grupo de processos geológicos, como mudanças na solubilidade dos minerais e na consolidação dos drenos dos solos (KLIMAS & GREGORAUSKAS, 2002).

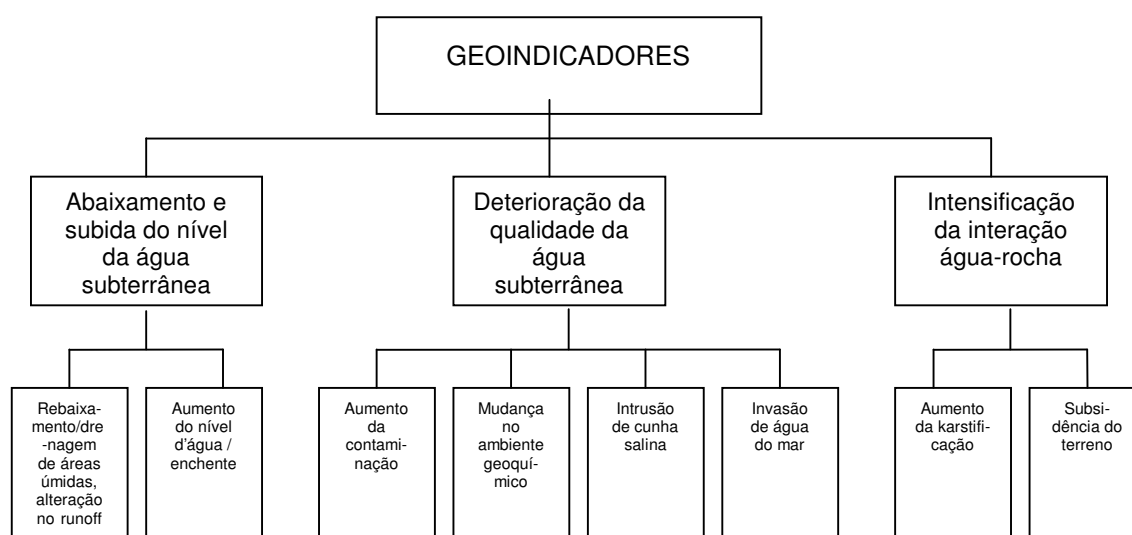


Figura 33 – Geoindicadores relacionados à exploração e à contaminação da água subterrânea

Fonte: Klimas & Gregorauskas (2002)

Tóth (1999) demonstra que as águas subterrâneas são um agente geológico geral. As duas causas fundamentais para o papel ativo das águas subterrâneas na natureza são sua capacidade para interagir com o meio ambiente e a distribuição espacial do fluxo. Ambas têm lugar simultaneamente em todas as escalas de espaço e tempo, ainda que com diferentes intensidades, assim o fluxo subterrâneo tem lugar desde a superfície até grandes profundidades, e desde escalas de um dia até tempos geológicos. As interações ambientais são químicas, físicas e cinéticas, e os efeitos das interações são cumulativos, se distribuindo de acordo com a geometria

dos sistemas de fluxo. O número e a diversidade dos fenômenos naturais gerados por este fluxo são praticamente ilimitados, já que os tipos básicos podem ser modificados por um ou mais dos componentes do meio hidrogeológico: a topografia, a geologia e o clima.

Qualquer exploração de água subterrânea que não seja gerenciada de forma integrada e considerando as necessidades da presente e das futuras gerações coloca em risco este recurso, sendo, portanto, insustentável (VILLARROYA & ALDWELL, 1998).

Segundo Herbert & Lloyd (2000), a combinação de trabalhos experimentais e modelagens diretas do processo de dispersão hidrodinâmica pode melhorar o entendimento da evolução da zona de transição salina, possibilitando prognosticar modelos sustentáveis do uso de água subterrânea em pequenas ilhas.

O aquífero localizado na porção nordeste da Ilha de Santa Catarina é de importância crucial para o abastecimento de água de toda a região norte da Ilha. Além das ponteiras, utilizadas pelos moradores locais, existe grande número de poços perfurados pela Companhia de Águas e Saneamento do Estado de Santa Catarina – Casan, a maioria situados na região central da planície litorânea, nas localidades de Rio Vermelho e Capivari. Os poços, que em geral apresentam vazões elevadas, têm características similares: 40 a 60 metros de areia com granulometria variável de fina a grossa e na base uma camada argilosa impermeável, que limita o aquífero.

O sistema aquífero Ingleses – Rio Vermelho, de natureza freática, estende-se por cerca de 30 km<sup>2</sup>, na porção nordeste da Ilha de Santa Catarina, e é recarregado principalmente por infiltração direta da precipitação. A distribuição da infiltração da precipitação é significativamente relacionada aos fatores: precipitação anual, altitude e percentagem de área coberta por superfícies impermeáveis. A recarga artificial advinda dos sistemas locais de disposição de efluentes domésticos (sistemas sépticos) e das perdas do sistema de abastecimento, embora relevantes, figuram em segundo plano.

Levantamento hidrogeológico realizado por CPRM (1996), com o auxílio dos métodos geofísicos de eletrorresistividade e eletromagnetismo, obteve parâmetros, tais como: geometria do depósito, espessura e volume, zonas salinizadas, cunha salina, porosidade e direção do fluxo das águas subterrâneas.

A região abrangida por este estudo de caso apresentou os seguintes resultados: a cunha salina ocorre principalmente na região da praia de Ingleses e Moçambique, no Santinho o aquífero invade a praia (Figura 34 – Cunha salina a 7,5 m de profundidade); o topo da zona saturada se apresenta em média a cerca de 1 a 2 metros de profundidade (Figura 35 – Profundidade do topo da zona saturada); o aquífero mostra espessuras acima de 30 metros, mostrando zonas com mais de 80 metros na porção central, na direção da praia do Santinho e Moçambique (Figura 36 – Espessura do aquífero); a direção do fluxo das águas subterrâneas é radial no sentido das praias de Ingleses e Moçambique (Figura 37 – Direção do fluxo das águas subterrâneas); e a velocidade média do fluxo superficial das águas subterrâneas é de  $15 \times 10^{-6}$  m/s, aproximadamente 1,3 m/dia.

O aquífero apresenta um grande potencial de extração devido aos seguintes fatores:

- grandes recargas. São grandes os volumes d'água que o alimentam anualmente em função das chuvas abundantes nesta região;
- geometria favorável. Apresenta grande distribuição lateral e espessuras consideráveis;
- características físicas favoráveis. Os depósitos arenosos conferem características de alta porosidade e permeabilidade.

Cálculos realizados por EPT/Casan (2002) demonstraram que a descarga total anual do aquífero é de 6.140.000 m<sup>3</sup>/ano, representando 49% da recarga total anual, estimada em 12.500.000 m<sup>3</sup>/ano. Considerando o balanço hídrico mês a mês, é garantida boa recuperação dos volumes bombeados para a maior parte do ano hidrológico, excluindo os meses de outubro a dezembro, onde o volume bombeado equivale ou até supera a recarga mensal.

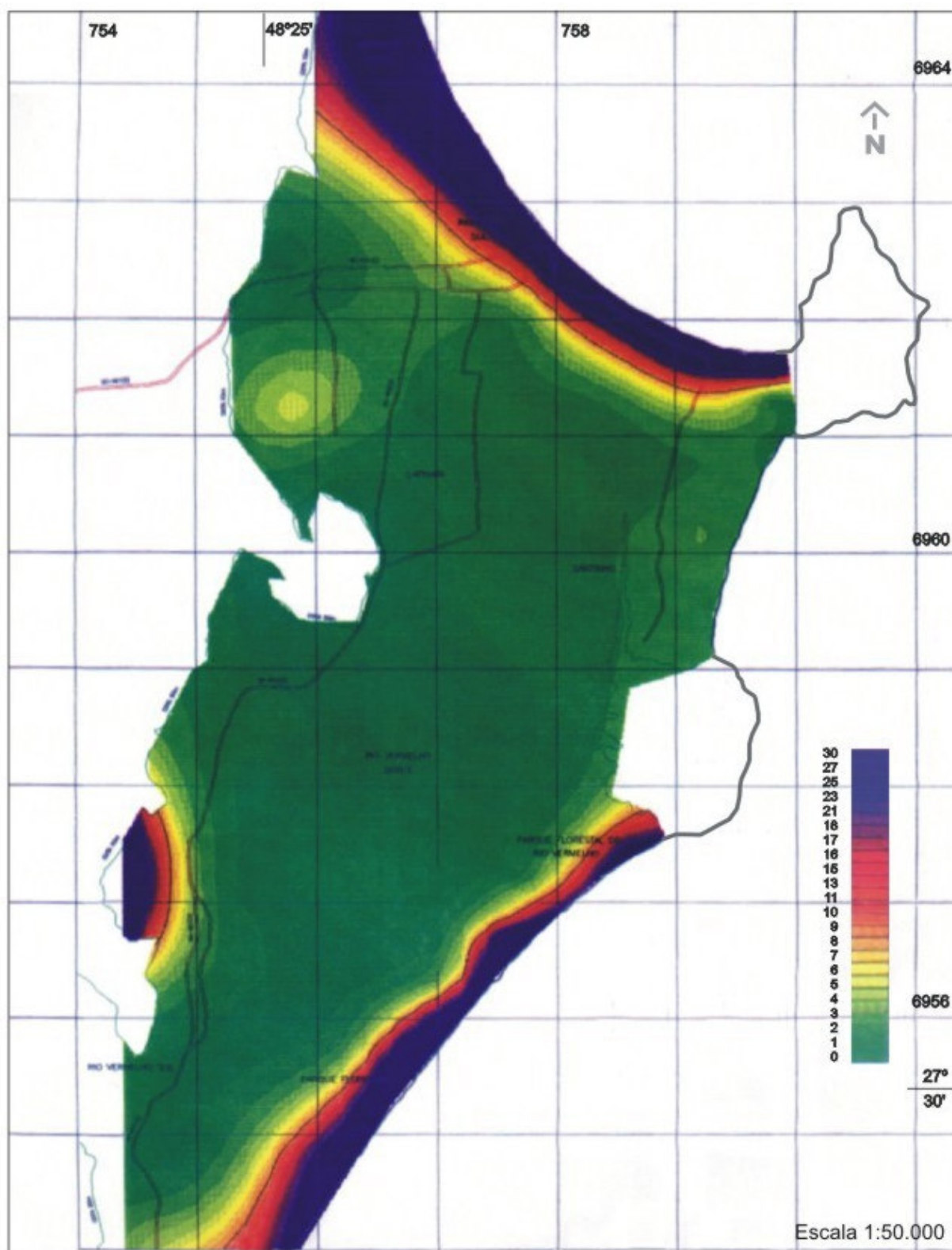


Figura 34 – Cunha Salina a 7,5 m de profundidade.

Fonte: CPRM (1996).

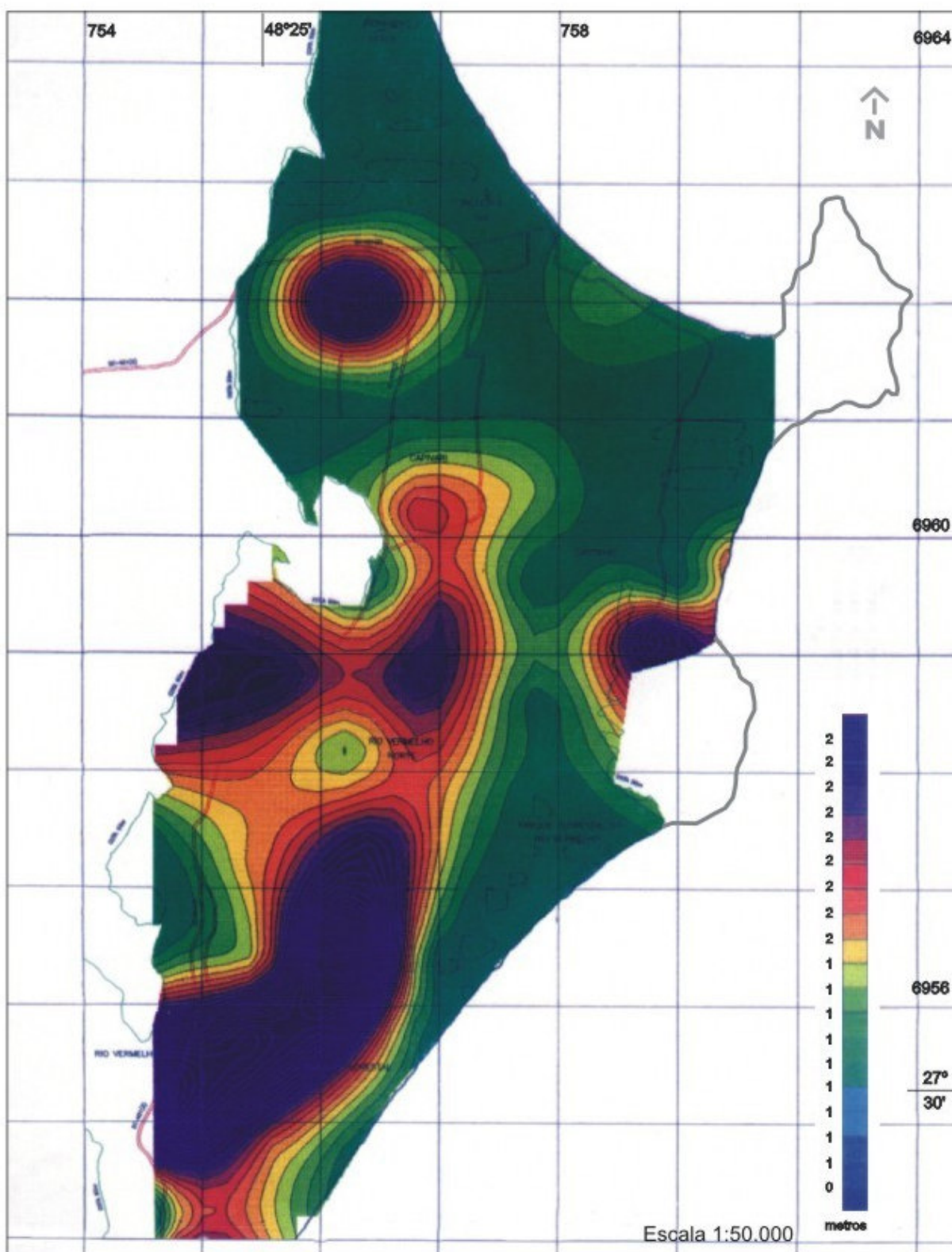


Figura 35 – Profundidade do Topo da Zona Saturada

Fonte: CPRM (1996).

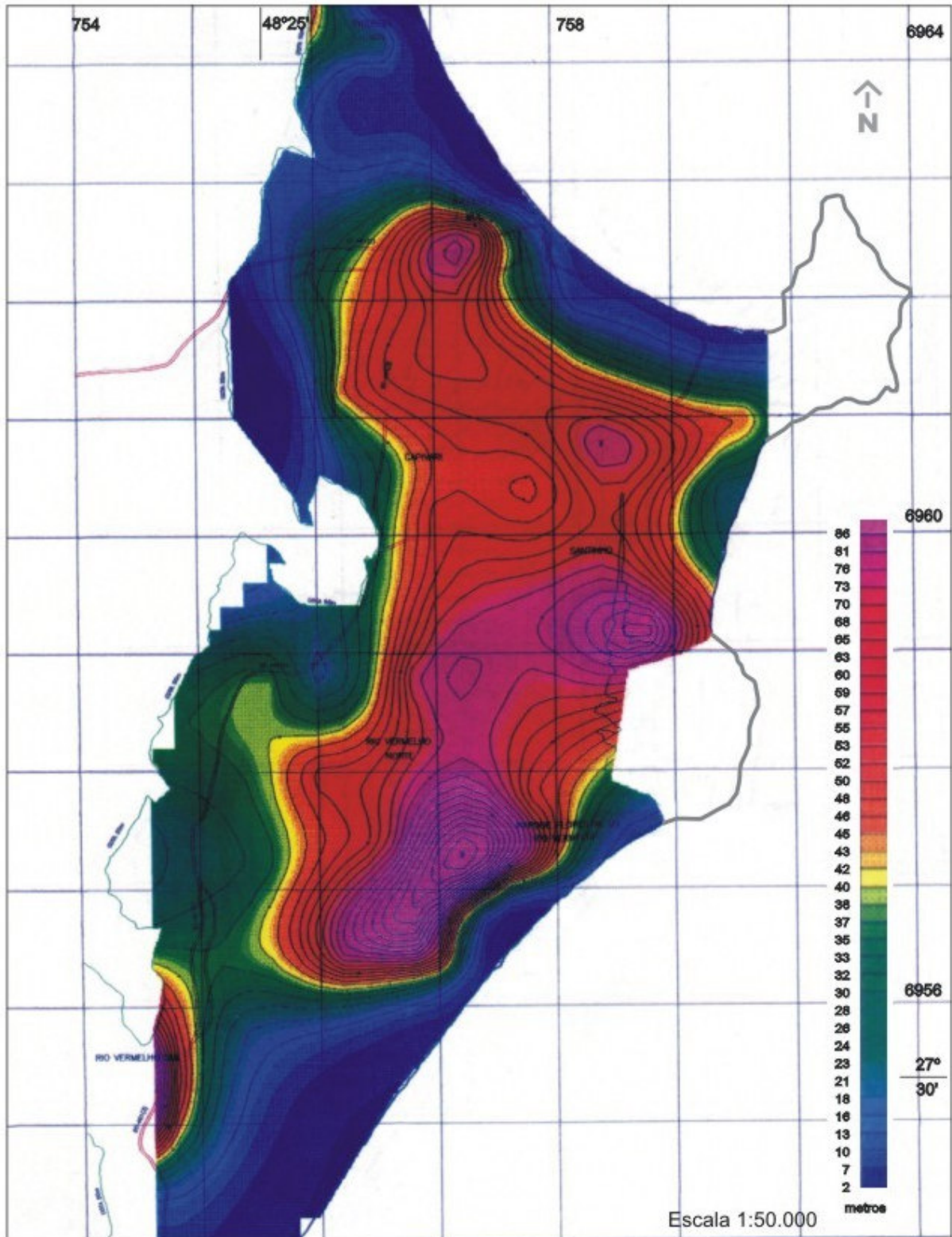


Figura 36 – Espessura do Aquífero  
 Fonte: CPRM (1996).



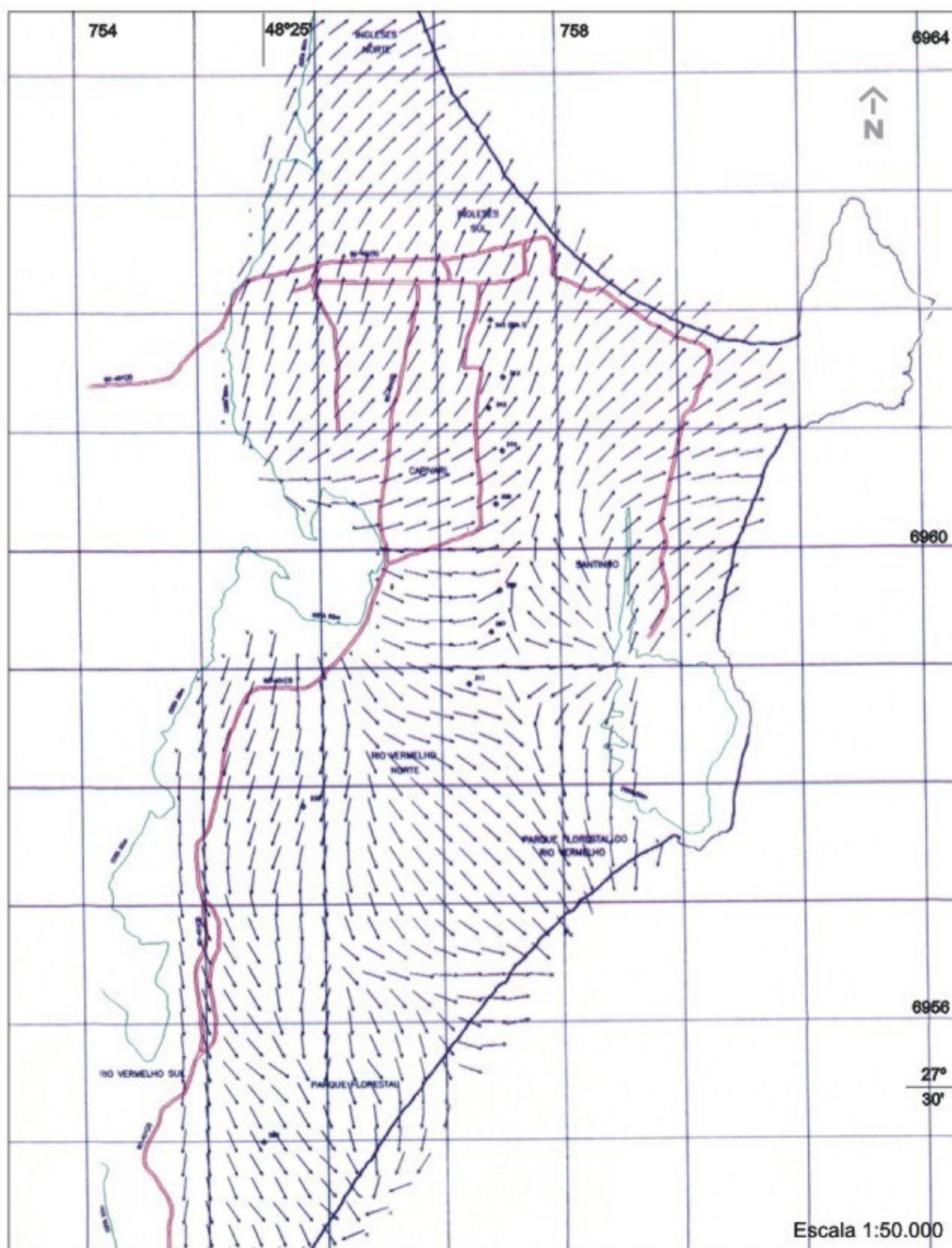


Figura 37 – Direção de Fluxo das Águas Subterrâneas.

Fonte: CPRM (1996).

Na situação atual, o aquífero conta com uma vazão de exploração de 10.444 m<sup>3</sup>/dia no período da abril a julho, de 12 385 m<sup>3</sup>/dia de agosto a novembro, e de 28.512 m<sup>3</sup>/dia de dezembro a março. No último quadrimestre, correspondente ao período de verão, o sistema Costa Norte sofre um considerável aumento de exploração, que impõe ao modelo condições desfavoráveis para a configuração atual do campo de poços em operação. A continuidade deste balanço negativo pode ocasionar uma movimentação da cunha salina, considerando-se um estado transitório, até novamente atingir o estado de equilíbrio.

Nos meses considerados críticos, os meses de verão, quando as descargas são sensivelmente maiores, são também os meses com maior precipitação, fonte maior de recarga. Desta forma, em termos volumétricos ocorre uma sobra maior de água favorável para o equilíbrio do sistema subterrâneo.

A água apresenta atualmente ótima qualidade bacteriológica e pode ser utilizada para fins de abastecimento sem restrições. Do ponto de vista da dureza, são consideradas brandas e moles. O potencial de corrosão/incrustação é de águas francamente corrosivas a muito corrosivas. Os demais parâmetros encontram-se sob condições normais de potabilidade. Os sistemas sépticos representam o principal foco da vulnerabilidade local.

A carga poluidora nas zonas residenciais, que são desprovidas atualmente de sistema de esgotamento sanitário apropriado, é uma grande ameaça ao aquífero. A fragilidade do aquífero livre, naturalmente desprotegido contra qualquer carga contaminante, impõe limitações às diretrizes de uso e ocupação racional do solo. Esta é uma situação local, mas que pode ser generalizada para muitas outras áreas costeiras.

O aquífero apresenta-se bastante vulnerável em função das suas características intrínsecas, alta permeabilidade e pequenas espessuras da zona não-saturada. As zonas que merecem maior consideração são:

- zonas com muito baixa espessura de zona não-saturada, ou seja, água subterrânea semi-aflorante, com baixíssima capacidade de atenuação;

- zonas de recarga, principalmente nas zonas de dunas móveis e fixas.

Se a vulnerabilidade de um aquífero é imutável, a carga ou fonte de contaminação, uma vez conhecida, pode ser controlada ou modificada por meio de estudos, planos ou projetos de maneira a atenuá-la ou eliminá-la (MIOTTO,1990).

Nas regiões mais próximas da encosta granítica e depósitos coluvionares, o aquífero apresenta-se mais protegido, pois se trata de regiões com maiores espessuras de zona não-saturada, com pouca relevância em termos de recarga. É imprescindível a preservação das dunas móveis e fixas, importante barreira e proteção do aquífero diante do avanço da cunha salina.

Segundo EPT/Casan (2002), a ocupação urbana, através dos sucessivos aterros e as retiradas concentradas de água pelos poços profundos, já levou ao desaparecimento de alguns corpos d'água superficiais. Portanto, apesar dos grandes volumes potencialmente disponíveis no aquífero, já ocorreram problemas de rebaixamento ostensivos ao longo do tempo, devendo estes serem controlados e monitorados.

Existem muitas incertezas na estimativa de áreas de contribuição para recarga de poços de exploração de água subterrânea (ALLEY, 1999). Nesta região a preservação das áreas úmidas próximas às dunas de Ingleses são de fundamental importância, tanto para a recarga do aquífero como para a sua proteção. Esta área está situada na direção da maioria dos poços atualmente em exploração.

## **FORMAÇÃO E REATIVAÇÃO DE DUNAS**

Os diferentes tipos de dunas refletem diferentes estágios de evolução ou estabilização. João José Bigarella, principal pesquisador brasileiro do ambiente dunar, em um parecer técnico de 1985, para o Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF, analisou fotografias aéreas de 1938, 1956, 1966 e 1978, e verificou que as dunas de Ingleses deslocam-se para o norte numa velocidade média de cerca de 3,7 a 9 m/ano conforme a situação, e as dunas menores movem-se mais rapidamente. Constatou também que as dunas têm sua atividade diminuída

antes de atingir a praia, transformando-se de dunas transversais em parabólicas, tendendo de forma natural a estabilizar-se. Esta estabilização atualmente não vem ocorrendo, devido, em grande parte, à ação antrópica.

As antedunas, mais próximas do mar, e as dunas de retenção formam as dunas frontais paralelas, como as da praia de Ingleses, também chamadas de cordão litorâneo. Estas dunas se formam pela ação dos ventos soprando do mar; as areias eólicas transportadas pelos ventos são detidas pela vegetação de restinga, a qual posteriormente recobre a extensão de dunas formadas. Este processo é de fundamental importância para proteção de praias, e a ocupação das dunas frontais na região centro-sul desta praia causou ou intensificou os problemas de erosão marinha nesta área.

Ferreira (1999) percebeu na análise de fotografias aéreas de diferentes épocas (1938, 1956, 1978 e 1994) uma diminuição no fornecimento do suprimento de areia para o campo de dunas de Ingleses, e interpretou como uma das causas prováveis a influência do reflorestamento por pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, ao sul.

A mesma autora monitorou, no período de setembro de 1995 a setembro de 1997, as frentes de movimento das dunas de Ingleses, localizadas na região da Rua do Siri, que apresentavam, segundo a autora, altura média de cerca de 30 metros e inclinação de  $34^{\circ}$ , observando no primeiro ano um avanço de 9,30 metros, e de 4,9 metros no segundo. A grande diferença está diretamente associada com a direção e a intensidade dos ventos, e a variação da precipitação pluviométrica neste período.

A Figura 38 apresenta fotografias recentes (31/01/2003) da região da Rua do Siri. A Figura 38a mostra a frente de duna móvel; a Figura 38b mostra as medidas paliativas de pouca utilidade (sacos de areia, pneus, cercas de madeira e cercas de galhos secos), tentadas pela população local para conter a movimentação da frente de dunas; a Figura 38c mostra o avanço das dunas na direção da Praia dos Ingleses; e a Figura 38d apresenta um detalhe da ocupação de baixa renda sobre dunas.



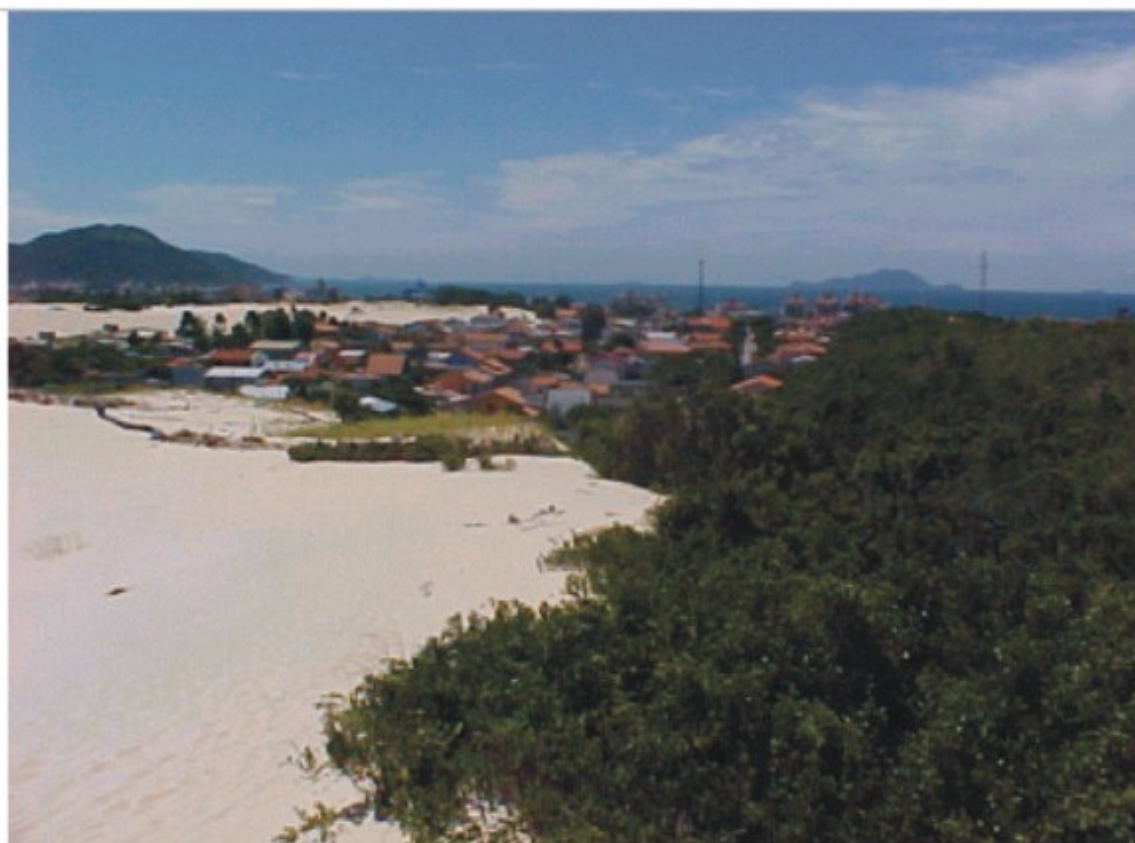
38a - Frente de dunas da Rua do Siri



38b - Tentativa de contenção das dunas pela população local

Figura 38 - Fotos da Frente de Dunas da Rua do Siri

Fonte: Autor



38c - Avanço da frente de dunas em direção à Praia dos Ingleses



38d - Residências de baixa renda na direção do movimento

Figura 38 - Fotos da Frente de Dunas da Rua do Siri  
Fonte: Autor

A movimentação da frente de dunas na região da Rua do Siri é uma ameaça da ocupação desordenada que se deu na direção deste movimento. Por este motivo procedeu-se à digitalização das imagens de fotografias aéreas de 1938<sup>(1)</sup>, 1957<sup>(2)</sup>, 1966<sup>(3)</sup>, 1978<sup>(4)</sup> e 1997<sup>(5)</sup>, através de scanner, depois estas imagens foram rotacionadas e ampliadas até se sobreporem sobre a base cartográfica digital de 2000, produzidas para o IPUF pela AERØCONSULT na escala 1:2.000. Na análise da movimentação por este período de tempo (Figura 39), pode-se observar a evolução do processo nesta área.

No período de 1938 a 1997, a frente de dunas da Rua do Siri avançou em média cerca de 400 metros, com evolução anual média de aproximadamente 6,8 metros.

- 
- <sup>(1)</sup>1938 – DEGE - Dep. Geogr. Cart. e Est. / Secretaria de Planejamento Gestão e Orçamento do Estado de Santa Catarina. Execução: Marinha Americana. Escala aproximada 1:30.000.
- <sup>(2)</sup>1957 – DEGE - Dep. Geogr. Cart. e Est. / Secretaria de Planejamento Gestão e Orçamento do Estado de Santa Catarina. Execução: Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S. A. Escala aproximada 1:25.000.
- <sup>(3)</sup>1966 – DEGE - Dep. Geogr. Cart. e Est. / Secretaria de Planejamento Gestão e Orçamento do Estado de Santa Catarina. Execução: Ministério do Exército. Escala aproximada 1:60.000.
- <sup>(4)</sup>1978 – DEGE - Dep. Geogr. Cart. e Est. / Secretaria de Planejamento Gestão e Orçamento do Estado de Santa Catarina. Execução: Aerofoto Cruzeiro S. A. Escala aproximada 1:25.000.
- <sup>(5)</sup>1997 – IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Execução: AERØCONSULT Aerolevantamentos e Consultoria S/A. Escala aproximada 1:8.000

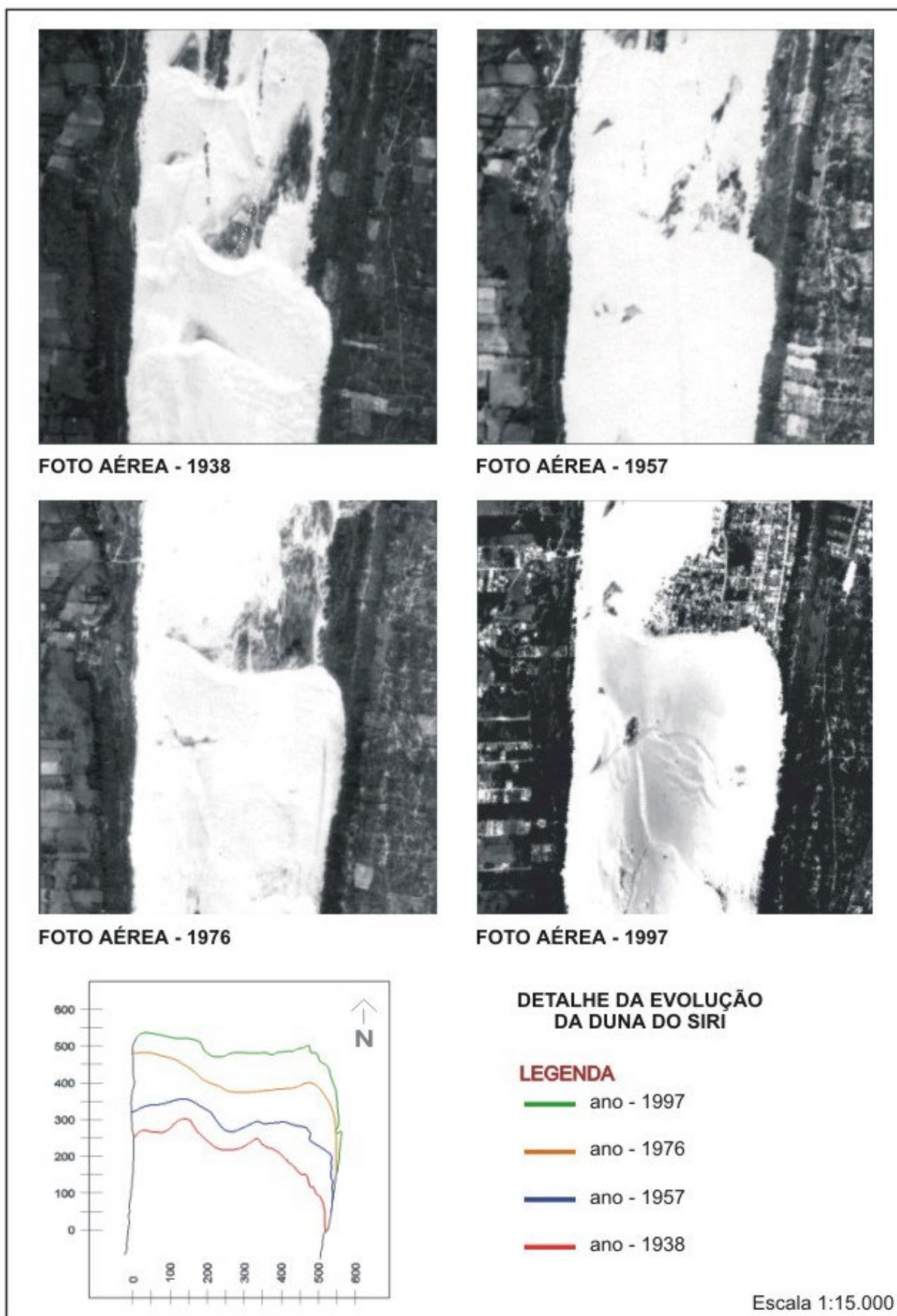


Figura 39 – Evolução da Movimentação da Frente de Dunas da Rua do Siri  
Fonte: Autor



## POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA

A posição da linha de costa é um processo importante de interação costeira, é sensível tanto às mudanças por processos naturais como às induzidas pelo homem. Para praias arenosas, a linha de costa geralmente responde às mudanças na energia marinha, no suprimento de sedimentos e nos níveis marinhos próximos à costa.

Segundo Tomazelli et alli (1999), o aumento da temperatura média global pode ser responsável tanto pela elevação do nível do mar como também pelo aumento da frequência e/ou magnitude das tempestades, ambos os fatores estimulando o processo erosivo.

A erosão marinha é um problema enfrentado pelas praias de mar aberto ou onde as correntes chegam à costa. A ressaca, também conhecida como maré meteorológica, se forma quando a maré sobe e os ventos sopram com força em direção ao litoral.

Segundo Morton (2002), a posição da linha de costa é utilizada geralmente para medir e monitorar perdas e ganhos em área, e para avaliar a suscetibilidade ao risco da erosão marinha, a infra-estrutura construída e a área adjacente à costa. É um geoindicador fundamental para avaliar riscos costeiros, porque a maioria dos desastres (erosão marinha, enchentes, tempestades e deslizamentos) são relacionados diretamente à estabilidade da orla.

As atividades humanas podem ser responsabilizadas por grandes mudanças na posição da linha de costa, incluindo tanto avanços como retrocessos rápidos. O movimento da linha de costa normalmente é associado com substanciais aumentos e/ou reduções nos suprimentos de sedimentos.

O Quadro 17 mostra diferentes distâncias a partir da preamar máxima, adotada pela legislação de alguns países, para a qual está proibida a construção. A principal vantagem é que, pelo seu caráter normativo, não precisa de recursos públicos para sua aplicação, mas não considera a dinâmica local na sua determinação.

Quadro 17 – Zona proibida à urbanização desde a linha de costa

<b>PAÍS</b>	<b>Metros</b>
Equador	8
Filipinas	20
México	20
Brasil	33
Colômbia	50
Indonésia	50
Venezuela	50
Chile	80
França	100
Noruega	100
Suécia	100-300
Espanha	100-200
Uruguai	250
Grécia	500

Fonte: Sorensen (apud MUÑOZ, 1997, p127)

As ressacas, além da elevação atual do nível do mar, são a principal causa da diminuição da largura de praias. Durante as tempestades ocorre a retirada de uma faixa de areia, então as ondas passam a incidir diretamente sobre a face superior da praia ou de dunas frontais, que exercem papel importante na proteção das praias.

Praias arenosas são vulneráveis à erosão por correntes e ondas. Qualquer estrutura construída, que altere o equilíbrio anterior, pode causar erosão ou sedimentação. As linhas de costas são zonas dinâmicas onde a erosão e deposição são respostas naturais a mudanças do nível do mar e a forças como ventos e marés. Segundo Cogeoenvironment (1995), existem três maneiras para proteger propriedades e construções, à beira-mar, da erosão:

- preencher a frente da praia com blocos de pedras, concreto e outras estruturas, para proteger a propriedade. Em longo prazo é provável a destruição da praia mais adiante, como resposta natural da erosão que não consegue remover a estrutura construída;

- realizar aterros da praia, para melhorar sua qualidade, com areia retirada de outro local. A solução é de alto custo e temporária;
- a comunidade pode escolher se afastar, movendo edificações para trás e deixando que a dinâmica natural prossiga.

Na praia de Ingleses quase toda a duna frontal já foi destruída, sendo os avanços da maré freqüentes e as catástrofes também, tendo vários muros, ruas e até mesmo casas destruídas pela ação das ondas (FERREIRA,1999).

Segundo Cruz (1998), as marés em Florianópolis podem ser classificadas como micromarés, isto é, não chegam a atingir 2 metros de amplitude em média, e são semidiurnas, levando aproximadamente 12 horas e meia para completar o ciclo de enchente, preamar, vazante e baixamar.

A Figura 40 (a, b, c e d) apresenta fotografias tiradas no dia 31/1/2003, entre 15h30 e 16 horas (Quadro 18), mostrando que mesmo em marés altas intermediárias a Praia dos Ingleses apresenta extensão de areia muito pequena, causando prejuízo à sua balneabilidade. Outra observação é que os preenchimentos com pedras e os muros de proteção contra a erosão marinha formam uma barreira contínua com 2 a 3 metros de altura média, em toda a extensão da Praia de Ingleses, em sua porção centro-sul.

Quadro 18 – Tábua das marés de Florianópolis em 31/1/2003.

<b>Preamar:</b>	
4h45min.....	0,7 m
15h39min.....	0,6 m
<b>Baixamar:</b>	
11h25min.....	0,2 m
23h27min.....	0 m

Fonte: Diário Catarinense (31/1/2003).



40a - Enrocamento para proteção contra a erosão marinha

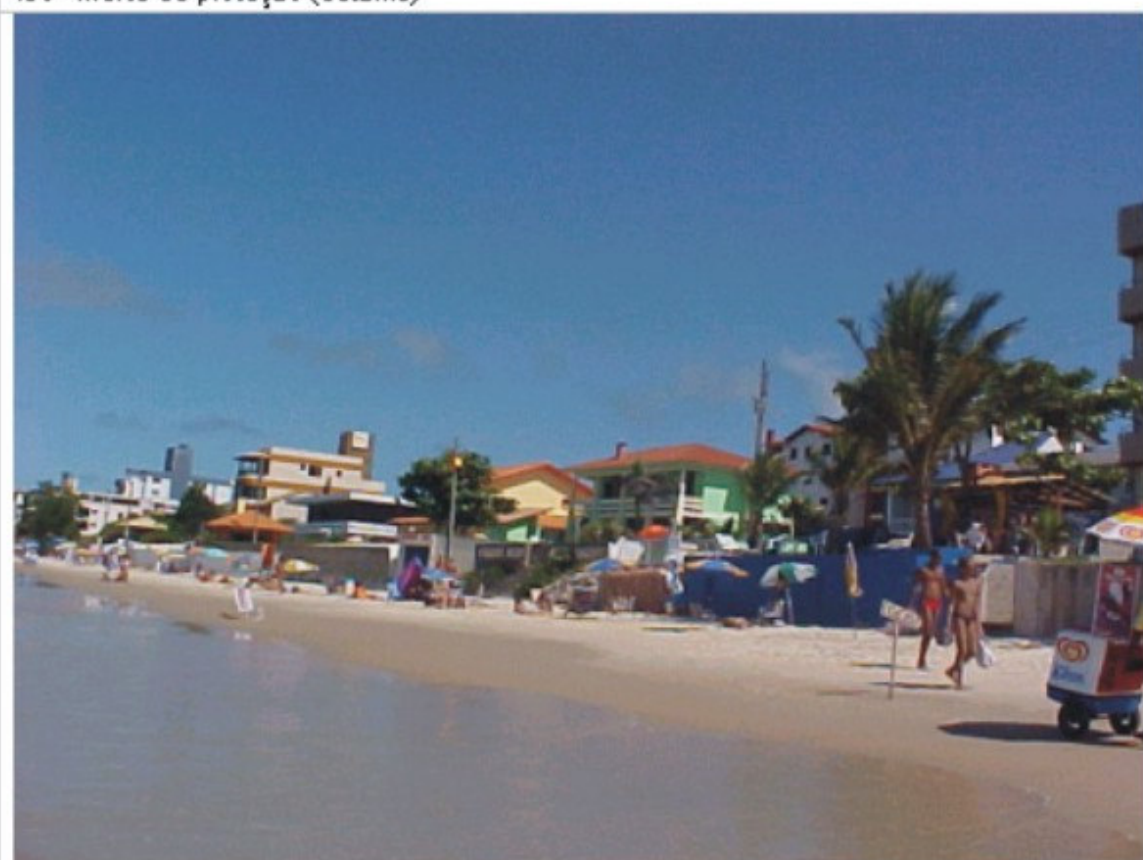


40b - Degradação da paisagem

Figura 40 - Fotos da Praia dos Ingleses (setor centro-sul)  
Fonte: Autor



40c - Muros de proteção (detalhe)



40d - Muros de proteção em toda a extensão da Praia dos Ingleses (centro-sul)

Figura 40 - Fotos da Praia dos Ingleses (setor centro-sul)

Fonte: Autor

A digitalização e a sobreposição, sobre a base cartográfica digital na escala 1:2.000, produzidas para o IPUF pela AERØCONSULT em 2000, de fotografias aéreas dos anos de 1938<sup>(1)</sup>, 1976<sup>(2)</sup> e 1997<sup>(3)</sup> mostram a evolução da linha de costa da Praia dos Ingleses em sua porção centro-sul (Figura 41). Entre os anos de 1938 e 1976, a linha de costa aumentou cerca de 20 metros em direção ao mar; já no período de 1976 a 1997, a linha de costa recuou aproximadamente 10 metros. Este período coincidiu com o incremento da ocupação por edificações na duna frontal. Atualmente toda a frente da praia está preenchida por blocos de pedras ou estruturas de proteção.

---

<sup>(1)</sup>1938 – DEGE - Dep. Geogr. Cart. e Est. / Secretaria de Planejamento Gestão e Orçamento do Estado de Santa Catarina. Execução: Marinha Americana. Escala aproximada 1:30.000.

<sup>(2)</sup>1976 – IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Execução: Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S/A. Escala aproximada 1:10.000.

<sup>(3)</sup>1997 – IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Execução: AERØCONSULT Aerolevantamentos e Consultoria S/A. Escala aproximada 1:8.000

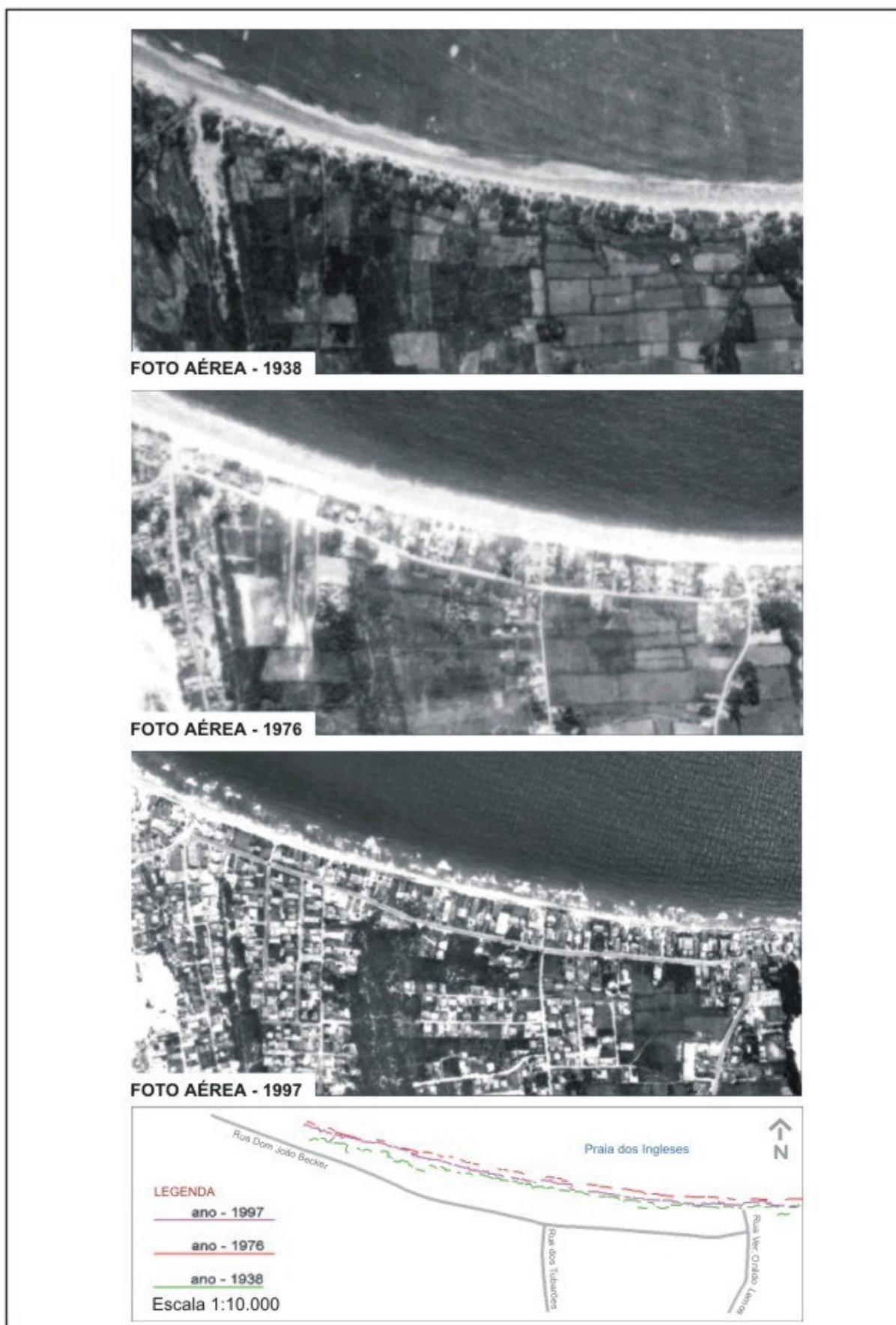


Figura 41 – Evolução da Movimentação da Frente da Praia dos Ingleses  
Fonte: Autor

### **5.2.5 Reparcelamento do solo**

A seguir são apresentadas três propostas de projetos de reparcelamento do solo, na área objeto do estudo de caso, baseadas nos cenários indicados pelos geoindicadores. Apesar das incertezas inerentes a estes estudos, os projetos consideraram a forte dinâmica ambiental da área.

Projetos de reparcelamento do solo buscam contemplar com retornos econômicos e sociais todas as partes envolvidas no processo. Mesmo assim, a negociação com participação de todos normalmente é o trabalho mais difícil e demorado. Como os estudos são hipotéticos, não houve esta importante contribuição comunitária, assim como a participação interdisciplinar que auxiliaria no aperfeiçoamento dos projetos.

### **CONSERVAÇÃO DO AQUÍFERO DE INGLESSES/RIO VERMELHO**

Deve-se afirmar a importância de geoindicadores no planejamento e na gestão territorial, visando à preservação do aquífero através: da obtenção do modelo hidrogeológico; da determinação de zonas de recarga; de medidas de prevenção contra a contaminação, e para evitar introdução de cunhas salinas.

Em função destes aspectos, é proposto um reparcelamento do solo em uma área de aproximadamente 8,4 Km<sup>2</sup> visando à conservação do aquífero, que se trata de um bem comum. Neste sentido seria criada uma Área de Preservação Permanente – APP na área úmida próximo às dunas dos Ingleses (Figura 42), como recomendado pela análise dos geoindicadores.

Sem custos de desapropriação e possivelmente com autofinanciamento, poderiam ser construídos concomitantemente a infra-estrutura viária, a drenagem urbana e o saneamento básico, com grande valorização da região e conseqüente retorno financeiro para os proprietários da terra.





Figura 42 - Proposta de Reparcelamento do Solo em Rio Vermelho  
(Foto Aérea IPUF - 1998)

Fonte: Autor.

**LEGENDA**

<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #008000; border: 1px solid black;"></span> APP	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #d2b48c; border: 1px solid black;"></span> ARP
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #006400; border: 1px solid black;"></span> AVL	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border-top: 2px dashed black; border-bottom: 2px dashed black;"></span> Vias Principais
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #000080; border: 1px solid black;"></span> ACI	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></span> Vias Secundárias

Neste processo áreas públicas seriam viabilizadas para implantação de estruturas de segurança pública, saúde e educação, com conseqüentes ganhos comunitários. As áreas verdes criadas para o lazer e contemplação da comunidade teriam também a função de recarga do aquífero.

Na proposta apresentada os proprietários contribuiriam com cerca de 8,8% para a preservação da área úmida, 5,7% de área para o sistema viário, 9,3% de áreas verdes e 3,2% de áreas públicas, totalizando uma contribuição de aproximadamente 27,0% da área total da região. Neste processo se obteria a regularização fundiária, com ganhos econômicos para os posseiros e para a municipalidade.

Levantamentos preliminares em imobiliárias do Município de Florianópolis mostraram que propriedades em loteamentos oficiais com infra-estrutura adequada possuem preços de mercado de três a dez vezes maiores que loteamentos clandestinos em áreas semelhantes.

Um projeto como este, além de auxiliar na preservação do importante aquífero local, apontaria na direção do desenvolvimento urbano ético, conforme o modelo proposto.

### **CONTROLE DA MOVIMENTAÇÃO DAS DUNAS DO SIRI**

A ocupação clandestina e desordenada na região da Rua do Siri, por imóveis de temporada da classe média e por populações de baixa renda, vem causando degradação ambiental e paisagística ao longo das duas últimas décadas. O avanço da frente de dunas já destruiu algumas edificações e deve ser considerado num projeto de melhoria urbana na área.

A movimentação da frente de dunas é controlada por duas dunas fixas, lineares e paralelas. A do lado esquerdo está totalmente coberta por vegetação, e a do lado direito está vegetada somente em sua face oeste.

A Figura 43 (a e b) mostra, em uma montagem fotográfica, a proposta de reparcelamento de uma área com cerca de 0,2 Km<sup>2</sup>, atualmente ocupados com uma

urbanização precária. Neste esboço é criada uma faixa de área verde com cerca de 200 metros para amortecimento da frente de dunas. Com esta faixa, que poderia ser utilizada para esporte e lazer, se ganhariam algumas décadas para serem estudadas as melhores medidas para contenção das dunas, ou de convivência com o processo através de retiradas periódicas de areia. Na face leste da duna linear direita seria reintroduzida vegetação nativa e também uma faixa de área verde paralela a esta.

As dunas isoladas no interior desta área, que vêm sofrendo processo contínuo de invasão, seriam incluídas no projeto de urbanização, por já terem perdido sua função ecológica, aumentando em cerca de 100.000 m<sup>2</sup> ou 50% a área inicial. Parte desta área poderia ser vendida à iniciativa privada para auxiliar no financiamento do projeto de reparcelamento do solo. A areia eólica poderia servir como empréstimo para recomposição da duna frontal destruída, localizada na porção centro-sul da praia dos Ingleses.

O reparcelamento do solo na região da Rua do Siri, além do controle e recuperação da frente de dunas, possibilitaria a criação de infra-estrutura adequada, a desfavelização da região com a construção de habitações populares, a implantação das áreas públicas necessárias, além de áreas verdes e de lazer. Neste processo haveria uma grande valorização econômica da área, que poderia reverter na diminuição das desigualdades socioeconômicas locais.

## **RECUPERAÇÃO DA PRAIA DE INGLESES**

A colocação de rochas e dos muros de contenção construídos na Praia dos Ingleses em sua porção centro-sul, visando à proteção de edificações, causou a redução da largura da praia adjacente, reduzindo a área de dissipação de energia das ondas que é a própria praia, o que tornou as ressacas mais agressivas, além da deterioração da qualidade paisagística e de balneabilidade da praia.

O reparcelamento do solo, incluindo toda área frontal à praia, seria de altíssimo custo, devido aos grandes investimentos já realizados neste local. O deslocamento de residências, restaurantes, pousadas e hotéis, embora realizado com frequência em países como o Japão, não é usual no Brasil.



43a – Área proposta para reparcelamento do solo (Foto aérea IPUF-2002)  
Figura 43 - Proposta de reparcelamento do solo na Rua do Siri  
Fonte: Autor.



43b – Reparcèlement do solo

Figura 43 - Proposta de reparcelamento do solo na Rua do Siri  
Fonte: Autor.

A pesquisa em fotos aéreas mostrou que a Praia dos Ingleses, desde 1938, apresentava uma faixa de areia com pequena extensão. Isto indica que mesmo a retirada de todos os muros de contenção e a recomposição da duna frontal seriam insuficientes para tornar a faixa de praia mais larga. As tendências anunciadas de aumento do nível do mar em nível global pioram mais ainda o cenário futuro.

Devido aos fatores apontados acima, é proposto um engordamento da Praia dos Ingleses (Figura 44, a e b). Pesquisas preliminares mostram sua viabilidade, devido à sua forma semi-abrigada, e principalmente pelas perspectivas, indicadas pela evolução do Quaternário da região, de boas jazidas de areia submersa próximas à praia, que é o fator mais importante na viabilização técnica e econômica deste tipo de obra.

Neste projeto virtual é criada uma via à beira-mar no nível dos muros existentes, além de calçadas, ciclovias e estacionamentos. Na parte externa da via é recomposta a duna frontal em uma faixa com extensão de aproximadamente 30 metros, além de uma faixa de areia de praia com cerca de 100 metros.

A via beira-mar não atingiria a região das dunas do Santinho, porque estas são importante fonte de abastecimento do terraço praial, alimentando as correntes de deriva na direção noroeste, amenizando, portanto, a erosão marinha.

Os foreiros ou ocupantes dos terrenos de marinha cederiam cerca de 10 metros da faixa em frente à praia dos Ingleses para a construção de calçadas e estacionamentos. Para a execução do engordamento da Praia dos Ingleses seria necessário o aporte de recursos financeiros, que seriam justificados pela necessidade de melhorias no sistema viário local e pelo incentivo que daria à indústria do turismo, com a geração de emprego e renda.

Este projeto levaria a uma grande valorização imobiliária da região, o que traria correspondente retorno econômico através de impostos e taxas para a municipalidade.



44a – Área proposta para reparcelamento do solo(Foto aérea IPUF-2002)

Figura 44 - Projeto de reparcelamento do solo na Praia dos Ingleses.

Fonte: Autor.



44b – Reparcelamento do solo.

Figura 43 - Projeto de reparcelamento do solo na Praia dos Ingleses.  
Fonte: Autor.



## 6 CONCLUSÕES

O processo de modernização, ao mesmo tempo que nos explora e nos atormenta, nos impele a aprender e a enfrentar o mundo que a modernização constrói e a lutar por torná-lo o nosso mundo. Creio que nós e aqueles que virão depois de nós continuarão lutando para fazer com que nos sintamos em casa neste mundo, mesmo que os lares que construímos, a rua moderna, o espírito moderno continuem a desmanchar no ar.

BERMAN, M. **Tudo que é sólido desmancha no ar: a aventura da modernidade**. São Paulo: Companhia das Letras, 1987. 360p, p.330.

### 6.1 Atendimento aos objetivos propostos

À guisa de considerações finais sobre este relatório de pesquisa “A integração de geoindicadores e parcelamento do solo na gestão ambiental urbana”, conclui-se que o desenvolvimento do trabalho fornece respostas satisfatórias às questões colocadas e aos objetivos propostos.

Em relação ao objetivo geral, de desenvolver uma proposta técnica de gestão ambiental urbana em áreas frágeis e/ou de forte dinâmica ambiental, foi criado um modelo que atendeu às expectativas geradas na fundamentação teórica da pesquisa.

Os objetivos específicos foram testados no Capítulo 5, possibilitando respostas criativas e eficientes para a gestão ambiental urbana de uma área frágil e com forte dinâmica ambiental (Quadro 19)

As principais limitações deste estudo de caso hipotético foram a falta da participação comunitária e do planejamento interdisciplinar, fatores inerentes a um trabalho de natureza acadêmica, os quais não invalidam a pesquisa.

Quadro 19 – Relação entre os objetivos específicos e os resultados alcançados

Objetivos específicos	Resultados
Propor a utilização de geoindicadores na gestão ambiental urbana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização dos geoindicadores: nível da água subterrânea; qualidade da água subterrânea; nível relativo do mar; formação e reativação de dunas; e posição da linha de costa (Anexos 2 a 6).</li> <li>• Demonstração de sua importância na gestão ambiental urbana.</li> </ul>
Validar o uso da técnica do reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação da possibilidade de aplicar as técnicas de reparcelamento do solo no Brasil.</li> <li>• Aplicação de propostas de reparcelamento do solo hipotéticas, em áreas reais, visando à gestão ambiental urbana.</li> </ul>
Elaborar um modelo de integração de dados sociais, econômicos e ambientais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de desenvolvimento urbano ético (Figura 23).</li> <li>• Criação de um modelo de integração de dados sociais, econômicos e ambientais (Figura 24).</li> </ul>
Realizar estudo de caso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de estudo de caso (Item 5.2).</li> <li>• Demonstração da viabilidade do modelo proposto, na gestão ambiental urbana de áreas frágeis e/ou de forte dinâmica ambiental.</li> </ul>

Fonte: Autor.

Um trabalho prático com o enfoque proposto nesta tese teria muitas dificuldades de obedecer aos prazos estipulados, mas seria rico em abordagens e respostas diante dos problemas reais; ao mesmo tempo, provavelmente teria que realizar algumas adaptações para atender às possíveis reivindicações dos envolvidos no processo, além de certamente não agradar à totalidade da comunidade.

## 6.2 Contribuição científica

A idéia de que o prognóstico pode simplificar o processo de decisão, criando um cenário mais claro do futuro, é muito atraente na teoria, mas difícil na prática. A predição depende profundamente da interdependência dos aspectos ambientais, econômicos e sociais, considerando as incertezas decorrentes das pesquisas, além de possíveis fatos inesperados.

Nesta pesquisa é demonstrado que o conceito de geoindicadores, recente e ainda em fase de maturação de suas reais potencialidades, é de fundamental importância na gestão ambiental urbana de áreas frágeis e/ou de forte dinâmica ambiental, por permitir a melhor aproximação de cenários ambientais futuros.

Este trabalho reforça a eficiência das técnicas de reparcelamento do solo na gestão urbana, além da ampla possibilidade de sua aplicação no Brasil, para auxiliar na solução das graves questões fundiárias e de ocupação desordenada de nossas cidades. Estas técnicas também podem ser utilizadas para viabilizar a preservação, ou conservação, de áreas importantes do ponto de vista ambiental.

A integração do conceito de geoindicadores com as técnicas de reparcelamento do solo pode ser a chave para resolver muitos problemas de gestão ambiental urbana, não só em cidades de nosso país, como em outras regiões de nosso planeta.

### 6.3 Sugestões para próximos trabalhos

Com base no estudo desenvolvido, nos resultados obtidos e considerando-se a importância da gestão ambiental urbana para o futuro de nosso país, julga-se fundamental a realização de futuras pesquisas. Nesse sentido, apresentam-se algumas sugestões para próximos trabalhos.

- Aplicar o conceito de geoindicadores em unidades de conservação, reservas ambientais ou em áreas bem preservadas, para minimizar a influência antrópica na mudança ambiental, criando condições para o estabelecimento de parâmetros de comparação com áreas urbanizadas.
- Monitorar, através de geoindicadores, áreas degradadas em processo de recuperação, para testar este conceito como ferramenta de avaliação na recuperação ambiental destas áreas.
- Pesquisar novas tecnologias para a gestão ambiental urbana em regiões costeiras.
- Analisar a aplicação de outros geoindicadores, não estudados na presente pesquisa, em áreas em processo de ocupação ou já urbanizadas.
- Propor a introdução das técnicas de reparcelamento do solo na legislação urbanística brasileira.
- Estudar adaptações ou mudanças na legislação ambiental brasileira, visando à melhor gestão ambiental urbana.
- Aplicar o modelo de integração de geoindicadores e reparcelamento do solo, proposto nesta pesquisa, em outras realidades.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, L. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. In: FERNÁNDEZ, M. A. (compiladora) **Ciudades en riesgo**. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina. Disponível em: < <http://www.lared.org.pe/> >. Acesso em: 20 mar. 2000.

ALLEY, W. M.; REILLY, T. E. & FRANKE, O. L. Sustainability of Ground-Water Resources. U.S. **Geological Survey Circular 1186**. Denver, Colorado, USA. 1999. Disponível em: < <http://water.usgs.gov/pubs/> >. Acesso em: 3 abr. 2002.

ASEVEDO, M. Estatuto da Cidade. Como garantir a função social da propriedade? **Revista CREA-RJ**. Nº 35. Rio de Janeiro. Ago/set 2001. p. 21

BARNETT, J. Sustainable Development: How to Make It Work. **Architectural Record**, June 1993. 9p. Disponível em: < <http://www.sustainable.doe.gov/> >. Acesso em: 23 mai. 2000.

BERGER, A. R. Introduction to geoinicator checklist. **The U.S. Global Change Research Information Office**. 1996. Disponível em: < <http://gcrio.org/> >. Acesso em: 31 jan. 2000.

BERGER, A. R. Assessing Rapid Environmental Change Using Geoindicators. **Environmental Geology**. 32 (1) July 1997. p36-44.

BERGER, A. R. Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature. **GSA TODAY**. A publication of the Geological Society of America. Vol. 8, nº 1, January 1998. p3-8.

BERGER, A. R. Tracking rapid geological change. **Episodes**, Vol. 25, no. 3, September 2002. p. 154-159.

BERKE, P. & MANTA, M. **Planning for Sustainable Development: Measuring Progress in Plans**. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper. Lincoln Institute Product Code: WP99PB1. 1999. 23p.

BERRY, M.; FLAMM, R; HAZEN, B. & MACINTYRE, R. LUCAS: a system for modeling land-use change. **IEEE Computational Sci Eng** (1996) 3: 24-35.

BITAR, O. Y.; AUGUSTO FILHO, O.; IWASA, O. Y.; CUNHA, M. A.; e, FORNASARI FILHO, N. Indicadores geológico-geotécnicos na recuperação ambiental de áreas degradadas em regiões urbanas. In: VII Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Poços de Caldas – Minas Gerais. 1993. **Anais...**, V2. p177-183.

BLOWERS, A. **Planning for a sustainable environment**. (A report by the Town and Country Planning Association – Edited by Andrew Blowers). Earthscan Publications Limited, London, 1993, 239p.

CARVALHO, E. T. de **Geologia Urbana para todos. Uma visão de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 1999. 176p.

CITY BUREAU **Urban Development Project in Japan**. City Bureau, Ministry of Construction. Government of Japan. Published by Japan Land Readjustment Association. Japan. 3<sup>rd</sup> Edition: May, 2000. 17p.

COGEOENVIRONMENT **Planning and managing the human environment: The essential role of the geosciences**. The Commission on Geological Sciences for Environmental Planning (COGEOENVIRONMENT) – International Union of Geological Sciences and Environmental Geology Division of the Canadian Society of Petroleum Geologists. Canada. 2ed. 1995. 12p.

COURA NETO, A. B. Síntese Temática, Vegetação. In: **Estudos Ambientais da Grande Florianópolis**. Florianópolis, 1997. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Associação dos Municípios de Florianópolis; Prefeitura Municipal de Florianópolis; e , Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. 17p. (Relatório Inédito).

CPRM. **Levantamento Geofísico das Águas Subterrâneas na Região da Praia dos Ingleses, Santinho e Rio Vermelho. Município de Florianópolis, Santa Catarina**. Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Superintendência Regional de Porto Alegre. Relatório Final: Interpretação dos dados e apresentação dos resultados (relatório inédito) 1996. 14p. il.

CRUZ, O. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo; um estudo de geomorfologia costeira**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998, 276p.: il.

CURIEN, H. La science en procès? In: **Les paradoxes de l'environnement: Responsabilité des scientifiques, pouvoir des citoyens**. Colloque de La Villette, 27-28 avril 1994. Albin Miche/Cité des Sciences et de l'Industrie. p 137-141.

DAILY, G. C. & EHRLICH, P. R. Managing Earth's Ecosystems: An Interdisciplinary Challenge. **Ecosystems** 2, 277-280. (1999)

DALE, V. H.; BROWN, S.; HAEUBER, R. A.; HOBBS, N. T.; HUNTLY, N.; NAIMAN, R. J.; RIEBSAME, W. E.; TURNER, M. G. e VALONE, T. J. Ecological Principles and Guidelines for Managing the Use of Land. **Ecological Applications**: Vol. 10, N° 3, p. 639-670. June, 2000.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 5 ed. São Paulo: Global, 1998. 400p.

DIEGUES, A. C. S. **O mito da natureza intocada**. NUPAUB – 391/397 – D559m. 1994.

DOMASEVICIUS A.; GIEDRAITIENE, J. & KARMAZINAS, B. Groundwater as a Universal Geoindicator of Environmental Processes. Geoindicators. **Workshop in Vilnius**, Lithuania. Vilnius, Lithuania, oct 11-16, 1999. Disponível em: < <http://www.lgt.lt/> >. Acesso em: 3 abr. 2002.

DOMINSKI, T. The three-stage evolution of eco-cities – reduce, reuse, recycle. 16-18p. in: WALTER, B.; ARKIN, L. & CRENSHAW, R. (Ed.) **Sustainable Cities: Concepts and Strategies for Eco-City Development**. CA – USA. Eco-Home Media, Los Angeles; 1993, 354p.

EPT / CASAN **Estudo do Manancial Subterrâneo dos Distritos de Ingleses do Rio Vermelho e São João do Rio Vermelho. Município de Florianópolis, Santa Catarina**. EPT – Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A. / CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. (relatório inédito preliminar) abril, 2002. 100p. il.

E.S.A. **The Report of the Ecological Society of America (ESA)**. Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. 41p. Disponível em: < <http://www.esa.org/> >. Acesso em: 19 out. 2000.

FEIBEL, C. S. Debating the Environmental Factors in Hominid Evolution. **GSA TODAY**. A Publication of the Geological Survey of America. Vol. 7, No. 3, March 1997. p1-7.

FERNÁNDEZ, M. A. & RODRÍGUEZ, L. ¿Cuál es el problema? Introducción a la temática. In: FERNÁNDEZ, M. A. (compiladora) **Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina**. Disponível em: < <http://www.lared.org.pe/> >. Acesso em: 20 mar. 2000.

FERREIRA, T. M. M. Distrito de Ingleses do Rio Vermelho – Florianópolis. Um Espaço Costeiro sob a Ação Antrópica. Centro de Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. **Dissertação de Mestrado**. 1999. 151p.

GERHARD, L. C. & BRADY, L. L. Environmental Geology: our Professional Public Responsibility. **Environmental Geology**. 37 (1-2) January 1999. p1-8.

GIBSON, R. B.; ALEXANDER, D. H. M. & TOMALTY, R. Putting Cities in Their Place. Ecosystem-based Planning for Canadian Urban Regions. In: **Eco-City Dimensions. Healthy Communities Health Planet**. (Edited by ROSELAND, M.) Gabriola Island – Canada. New Society Publishers. 1997. p.25-39.

GIRARDET, H. **The Gaia Atlas of Cities: New Directions for Sustainable Urban Living**. London. Gaia Books, 1996. 191p.

GONDIM, L. M. Em busca da utopia: Reflexões sobre a pesquisa no campo do planejamento e da gestão urbana. In: **Revista de Administração Municipal – ram**. Nº 211; Rio de Janeiro. abr/jun 1994. p 8-17.

GONZÁLEZ, A., DÍAZ DE TERÁN, J. R., FRANCÉS, E. and CENDRERO, A. The Incorporation of Geomorphological Factors into Environmental Impact Assessment for Master Plans: A Methodological Proposal. In: **Geomorphology and Land Management in a Changing Environment**. Edited by: Duncan F. M. McGrecor and Donald A. Thompson. John Wiley & Sons Ltd, England, 1995. p179-193.

GOSZ, J. R. Ecology Challenged? Who? Why? Where is This Headed? **Ecosystems** (1999) 2: 475-485.

GRESCHIC, G. & GÁLOS, M. Environmental Geotechnics – An Overview. **Environmental Geology**. 35 (1) July 1998. p28-36.

GROSTEIN, M. D. & JACOBI, P. **Falta de Planejamento Urbano gera Impactos Sócio Ambientais**. Centro Nacional de Referência em Gestão Ambiental Urbana. Universidade Livre do Meio Ambiente. 4p. Disponível em: < <http://www.unilivre.org.br/> >. Acesso em: 5 mai. 1999.

GUPTA, A. Geoindicators for tropical urbanization. **Environmental Geology** (2002) 42:736-742.

GUTZLER, D. S. Evaluation Global Warming: A Post 1990s Perspective. **GSA TODAY**. A Publication of the Geological Survey of America. Vol. 10, No. 10, October 2000. p1-7.

HARASHINA, S. **Environmental Planning on Urban Level**. Discussion Paper 96-6. Tokyo: Dep. of Social Engineering/Institute of Technology, 1996.

HART, M. Evaluating Indicators: A Checklist for Communities. **Wingspread Journal**, Spring. 1997. Disponível em: < <http://www.sustainablemeasures.com/> >. Acesso em 10 out. 2000.

HAUGHTON, G. & HUNTER, C. **Sustainable Cities**. (Regional Policy and Development 7 – Regional Studies Association). London: Jessica Kingsley Road, 1994. 357p.

HERBERT, A. W. & LLOYD, J. W. Approaches to modelling saline intrusion for small island water resources. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology** 33, 2000, p77-86.

HERZER, H. & GUREVICH, R. Degradación y desastres: parecidos y diferentes: tres casos para pensar y algunas dudas para plantear. In: FERNÁNDEZ, M. A. (compiladora) **Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina**. Disponível em: < <http://www.lared.org.pe/> >. Acesso em: 20 mar. 2000.

HIGUERAS, E. **Urbanismo Bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos**. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. 1997. USA. Disponível em: < <http://habitat.aq.upm.es/ub/> >. Acesso em: 30 mar. 1999.



HOEK, E. Putting numbers to geology – an engineer's viewpoint. **The Geological Society. Quarterly Journal of Engineering Geology**, 1999, **32**, 1-19.

HOUGH, M. **Cities and Natural Process**. London: Routledge. 1995. 326p.

IPUF. **Plano de Urbanização Específica de Ingleses Sul e Santinho**. Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF. 1998. 213p. (relatório inédito)

IPUF. **Município de Florianópolis. Mapa Físico – Político 2000**. Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF. Escala 1:100.000, 6<sup>a</sup> Edição. 2000.

IUGS. Assessing Rapid Environmental Change: The Gros Morne Declaration. International Union of Geological Sciences – IUGS. Workshop on Geological Indicators of Rapid Environmental Change. 11-17 July 1994, in Corner Brook and Gros Morne National Park – Newfoundland, Canada. **Episodes**. No 1&2, 1994, p2.

JUCHEM, P. A. Algumas possibilidades e perspectivas para a avaliação de impactos ambientais em nível municipal. In: **Revista de Administração Municipal – ram**. N<sup>o</sup> 204; Rio de Janeiro. jul/set 1992. p 79-87.

KLIMAS, A. & GREGORAUSKAS, M. Groundwater abstraction and contamination in Lithuania as geoindicators of environmental change. **Environmental Geology**. (2002) 42:762-772.

KLINE, E. Sustainable Community Indicators. How to Measure Progress. In: **Eco-City Dimensions. Healthy Communities Health Planet**. (Edited by ROSELAND, M.) Gabriola Island – Canada: New Society Publishers. 1997. p.152-166.

LEHN, J-M. Nous n'avons pas le droit d'éteindre la lumière du futur. In: **Les paradoxes de l'environnement: Responsabilité des scientifiques, pouvoir des citoyens**. Colloque de La Villette, 27-28 avril 1994. Albin Michel / Cité des Sciences et de l'Industrie. p 142-148.

LENZI, S. R.; REIS, A. F.; ZAPATEL, J. A. & SILVA, N. S. da (org.) OFICINA DE DESENHO URBANO DE FLORIANÓPOLIS, 1. IPUF/PMF e ARQ/UFSC, **Anais**. Florianópolis. 1996. 164p.

LIEBMANN, G. W. **Land Readjustment for America: A Proposal for a Statute**. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper. Lincoln Institute Product Code: WP98GL1. 1998. 20p.

MACDONALD, G. J. **Environment: Evolution of a Concept**. International Institute for Applied Systems Analysis – IIASA, IR-98-077/September. 1998. 20p.

MARTIN, L. & SUGUIO, K. Coastal Quaternary deposits of the states of Paraná and Santa Catarina. Proceedings, International Symposium on Sea Level Changes and Quaternary Shorelines, São Paulo, 1986. 124p.

MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J. M. & AZEVEDO, A. E. G. de. **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina.** Texto Explicativo. Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia / Brasil. Esc. 1:200.000. Série Geologia, nº 28. Seção Geologia Básica nº 18. 1988. 40p. il.

McCALL, G. J. H.; LAMING, D. J. C. & SCOTT, S. C. **Geohazards – Natural and Man-Made.** London: Chapman & Hall., 1992. 227p.

MÉGIE, G. Risques et incertitudes: un pari de Pascal inversé. In: **Les paradoxes de l'environnement: Responsabilité des scientifiques, pouvoir des citoyens.** Colloque de La Villette, 27-28 avril 1994. Albin Michel / Cité des Sciences et de l'Industrie. p 76-82.

MELLO, N. A. de As Políticas Públicas no Processo de Organização do Espaço: A questão urbana e o meio ambiente. In: **Revista de Administração Municipal – ram.** Nº 211; Rio de Janeiro. abr/jun 1994. p 61-74.

MENEZES, L. C. **Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.** A experiência de Curitiba. Campinas: Papirus, 1996. 198p.

METZGER, P. Medio ambiente urbano y riesgos: elementos de reflexión. In: FERNÁNDEZ, M. A. (compiladora) **Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina.** Disponível em: < <http://www.lared.org.pe/> >. Acesso em: 20 mar. 2000.

MEYER, B. W. **Human Impact on the Earth.** Cambridge University Press, 1996. 253p.

MIOTTO, S. L. Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para a implantação de cemitérios. 1990. **Dissertação de Mestrado.** Curso de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Estadual Paulista - UNESP. 116p. il. Rio Claro.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable Development** 4, 1:1. 1996.

MITCHELL, G.; MAY, A. D.; & McDONALD, A. T. PICABUE: A methodological framework for the development of indicators of sustainable development. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology** 2, 2:104-123. 1995.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas. A Estória de uma Procura.** Florianópolis, SC. 1995. 86p., il. ( inédito).

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil:** elementos para uma geografia do litoral. São Paulo: Edusp, 1999. 229p.

MORTON, R. A. Coastal geoindicators of environmental change in the humid tropics. **Environmental Geology** (2002) 42:711-724.

MUKAI, T. Plano Diretor e Legislação Ambiental. In: **Revista de Administração Municipal – ram**. Nº 197; Rio de Janeiro. out/dez 1990. p 18-22.

MUÑOZ, J. M. B. **Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales**: Guía práctica para la planificación y gestión integradas. Ed: Oikos-tau, s.a. Barcelona, España, 1997. 160p.

MURCK, B. W.; SKINNER, B. J. & PORTER, S. C. **Environmental Geology**. John Wiley & Sons, 1996. 535p.

NAGOYA. **Planning for Nagoya**. City Planning Bureau/City of Nagoya (Ed.). Nagoya: CMC Corporation, (2nd printing). 1997. 80p.

NAIMAN, R. J. A perspective on Interdisciplinary Science. **Ecosystems** (1999) 2: 292-295.

NAREDO, J. M. Sostenibilidad, diversidad y movilidad horizontal en los modelos de uso del territorio. In: **Ciudades para un futuro más sostenible. La construcción de la ciudad sostenible: fundamentos**. Disponível em: < <http://habitat.aq.upm.es/> >. Acesso em: 30 mar. 1999.

NAREDO, J. M. y RUEDA, S. La “ciudad sostenible”: Resumen y Conclusiones. In: **Ciudades para un futuro más sostenible. La construcción de la ciudad sostenible: fundamentos**. Disponível em: < <http://habitat.aq.upm.es/> >. Acesso em: 30 mar. 1999.

NEWMAN, P. Greening the City. The Ecological and Human Dimensions of the City Can Be Part of Town Planning. In: **Eco-City Dimensions. Healthy Communities Health Planet**. (Edited by ROSELAND, M.) Gabriola Island – Canada: New Society Publishers, 1997. p.14-24.

NEWMAN, P. & KENWORTHY, J. **Sustainability and Cities: overcoming automobile dependence**. Island Press. 1999. 442p.

NICHOLLS, R. J. and LEATHERMAN S. P. Sea-Level Rise and Coastal Management. In: **Geomorphology and Land Management in a Changing Environment**. Edited by: Duncan F. M. McGreor and Donald A. Thompson. John Wiley & Sons Ltd, England, 1995. p229-244.

NIJKAMP, P. Regional Sustainable Development and Natural Resource Use, **World Bank**. Annual Conference on Development Economics, 26 e 27 de abril de 1990, Washington D.C. Disponível em: < <http://worldbank.org/> >. Acesso em: 20 mar. 2000.

NOBLE, I. R. Linking the Human Dimension to Landscape Dynamics. p173-181. In: WALKER, B. & STEFFEN, W. **Global Change and Terrestrial Ecosystems. International Geosphere – Biosphere Programme**. Book Series (2). Cambridge University Press. 1996. 619p.

NOVILLO, M. G. La Ingeniería del Territorio y el Manejo de Cuencas. p. 60-69. In: **Documentos AMBIENTE** N° 2 . La Plata, Argentina. Fundación CEPA. julio 1995. 156p. (Serie “Desarrollo Sustentable”).

NUI. **Practical Land Readjustment for Urban Development.** (Training Course). Nagoya Urban Institute (NUI). Nagoya: Japan International Agency (JICA). January 8, 2001 – March 26, 2001. CD/Course N° : j00-03385.

OLDFIELD, F. The Past Global Changes (PAGES) project: a personal perspective. **Quaternary Science Reviews.** 18 (1999) 317-320.

O’RIORDAN, T. Environmental Science on the Move. p1-15. In: **Environmental Science for Environmental Management.** (Edited by O’RIORDAN, T.) Essex, England. Longman Scientific & Technical, 1995. 369p.

ORTOLANO, L. **Environmental Planning and Decision Making.** Stanford University. John Wiley & Sons. 1984. 431p.

PAHL-WOSTL, C. **The Dynamic Nature of Ecosystems – Chaos and Order Entwined.** John Wiley & Sons Ltd. 1995, 267p.

PICKETT, S. T. A.; BURCH, W. R. & GROVE, J. M. Interdisciplinary Research: Maintaining the Constructive Impulse in a Culture of Criticism. **Ecosystems** 2, 302-305. (1999).

PLATT, R. H.; ROWNTREE, R. A. & MUICK, P. C. **The Ecological City. Preserving and Restoring Urban Biodiversity.** The University of Massachusetts Press. 1994. 291p.

PRANDINI, F. L. & NAKAZAWA, V. A. Desafios ambientais da civilização urbana: uma síntese. In: LENZI, S. R.; REIS, A. F.; ZAPATEL, J. A. & SILVA, N. S. da (org.) OFICINA DE DESENHO URBANO DE FLORIANÓPOLIS, 1. IPUF/PMF ARQ/UFSC. **Anais.** Florianópolis. 1996. p40-42, p41.

RANCEL, J. Aproximación crítica a los conceptos de Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad en el marco de las políticas europeas. Implicaciones para la Ordenación del Territorio. Especial Islas Canarias. **Cuadernos de Ordenación del Territorio**, número 6. Disponible em: < <http://www.fundicot.org/> >. Acesso em: 7 nov. 2000.

REDMAN, C. L. Human Dimensions of Ecosystem Studies. **Ecosystems.** (1999) 2: 296-298.

REES, J. Sustaining Coastal Resources: Using Geoscience to Monitor and Combat Coastal Hazards. The Coastal Environment. **Earthwise.** British Geological Survey. (Sustainability), Issue 13. January 1999. p. 24.

ROBERTS, N. **The changing global environment.** Blackwell Publishers, British Library, 1994, 531p.

RUEDA, S. **Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología.** Ciudades para um futuro más sostenible. 13p. Disponível em: < <http://habitat.aq.upm.es/> >. Acesso em: 30 mar. 1999.

SALSBERG, L. **Frameworks for Applying Sustainability in the City of Toronto.** IES2000. 24/12/1998. 18p. Disponível em: < <http://www.utoronto.ca/> >. Acesso em: 22 jul. 1999.

SANCHES, R. Desarrollo Sustentable y Manejo de los Recursos Naturales. pp. 54-59. In: **Documentos AMBIENTE** N. 2 . La Plata, Argentina: Fundación CEPA. julio 1995. 156p. (Serie “Desarrollo Sustentable”).

SANTOS, C. N. F. dos. **O uso do solo e o município.** 3. ed. Rio de Janeiro, 1990. 48p. (Textos de Administração Municipal, 2).

SANTOS, G. T. Integração de informações pedológicas, geológicas e geotécnicas aplicadas ao uso do solo urbano em obras de Engenharia. 1997, **Tese de Doutorado.** PPGEM – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 209p. il. Porto Alegre.

SCANDURRA, E. L'apporto dei nuovi paradigma economici e scientifici alla sostenibilità urbana e territoriale. In, MACIOCCO, G. (a cura di), **La città in obra.** Pianificazione urbana e interdisciplinarietà. Milano: F. Angeli, 1996. 255-273p.

SCANDURRA, E. **Dalla città “moderna” alla città ecologica.** Atti del Convegno di Venezia su: “ambiente e pianificazione”; Venezia 25/26/27 marzo. 1996(a). Palazzo Tron, Santa Croce, Atti.7p.

SCANDURRA, E. Fare il piano: verso un nuovo impegno etico. In: SEMINARIO INTERNAZIONALE: **ETICA E PIANIFICAZIONE SPAZIALE.** Cagliari, 20/21 maggio. 1996(b). 7p.

SCHWEIZER, P. J. Capacitação municipal para a gestão ambiental urbana. In: **Revista de Administração Municipal – ram.** Nº 210; Rio de Janeiro. jan/mar 1994. p 69-81.

SHIREMAN, W. K. How to Use the Market to Reduce Sprawl, Congestion, Pollution and Waste in Our Cities. In: Walter, B.; Arkin, L. & Crenshaw, R. (ed.) **Sustainable Cities. Concepts and Strategies for Eco-City Development.** Eco-Home Media, 1993. 219-226p.

SILVA, E. L. da & MENEZES, E. M. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p. disponível em: < <http://www.eps.ufsc.br/> >. Acesso em: 22 dez. 2001.

SLUIJS, J. van der. **Integrated Assessment Models and the Management of Uncertainties.** International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, WP-96-119. October 1996. 72p.

SPOONER, B. **Ecology in Development: A Rationale for Three-Dimensional Policy**. Tokyo: The United Nations University. United Nations University Press, 1984. 68p.

SRINIVAS, H. **Networking for Urban Environments**. UEMRI Japan, 1997. 6p. Disponível em: < <http://www.soc.titech.ac.jp/> >. Acesso em: 28 mai. 1999.

SUSTAINABLE MEASURES. **Sustainable Community Indicators Checklist**. Disponível em: < <http://www.sustainablemeasures.com/> >. Acesso em: 10 out. 2000.

TARR, J. A. **The City and the Natural Environment**. Carnegie Mellon University. 1997. 7p. Disponível em: < <http://www.soc.titech.ac.jp/> >. Acesso em 28 mai. 1999.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; BARBOZA, E. G.; BUCHMANN, F. S. C. & SANTOS, L. A. O. A erosão costeira no Rio Grande do Sul: Uma avaliação das causas e conseqüências. In: VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Porto Seguro – Bahia. 3-9 de outubro de 1999. **Anais...** 1 CD-ROM.

TÓTH, J. Groundwater as a geologic agent: An Overview of the Causes, Processes, and Manifestations. **Hidrogeology Journal**. (1999) 7:1-14

ULTRAMARI, C. **Da Viabilidade de um Desenvolvimento Sustentável para as Cidades**. Centro Nacional de Referência em Gestão Ambiental Urbana. Universidade Livre do Meio Ambiente. 4p. Disponível em: < <http://www.unilivre.org.br/> >. Acesso em: 5 mai 1999(a).

ULTRAMARI, C. **Das Falácias Naturalistas**. Centro Nacional de Referência em Gestão Ambiental Urbana. Universidade Livre do Meio Ambiente. 4p. Disponível em: < <http://www.unilivre.org.br/> >. Acesso em 5 mai 1999(b).

UNEP-IETC. Building Urban Ecosystems: An Innovative and Partnership based Approach. The United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre(UNEP-IETC), International Charette. Melbourne, Victoria, Australia, 3-5 April 2002. Related Document: **The Ecosystems Approach to Urban Environment Management. Operationalizing the Cities as Sustainable Ecosystems (CASE) Initiative**. Disponível em: < <http://www.unep.or.jp/> >. Acesso em 8 abr. 2002.

UNESCO **Environment and Development in Coastal Regions and in Small Islands**. 1997. 3p. Disponível em: < <http://www.unesco.org/> >. Acesso em 8 out. 1999.

VAN DER RYN, S. & COWAN, S. **Ecological Design**. Washington, D.C.: Island Press, 1996. 201p.

VILLARROYA, F. & ALDWELL, C. R. Sustainable Development and Groundwater Resources Exploitation. **Environmental Geology**. 34 (2/3) May 1998. pp111-115.

WALTER, B.; ARKIN, L. & CRENSHAW, R. **Sustainable Cities: Concepts and Strategies for Eco-City Development**. Los Angeles: Eco-Home Media, 1993, 354p.

WEAR, D. N. Challenges to Interdisciplinary Discourse. **Ecosystems** 2, 299-302. (1999).

WHITE, I. D.; MOTTERSHEAD, D. N. & HARRISON, S. J. **Environmental Systems. An introductory text.** London: Chapman & Hall, 1992. 615p.

WIGGERING, H. & RENNINGS, K. Sustainability indicators: geology meets economy. **Environmental Geology** 32 (1) July 1997, p71-78.

WINTER, C. T. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. **Hydrogeology Journal.** (1999) 7: 28-45.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **World Resources 1996-97: The Urban Environment.** World Resources Institute. Washington, DC. Disponível em: < <http://www.wri.org/> >. Acesso em 30 set. 1999.

XAVIER, H. N. Questões urbanas e questões ambientais. In: **Revista de Administração Municipal – ram.** Nº 203; Rio de Janeiro. abr/jun 1992. p 29-35.

## APÊNDICE 1

*Trabalho apresentado no "GEOINDICATOR WORKSHOP", realizado em Córdoba - Argentina, 14-17 de maio de 2002.*

### **THE INTEGRATION OF GEOINDICATORS AND LAND READJUSTMENT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**Candido Bordeaux Rego Neto**, Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF [candido@ipuf.sc.gov.br](mailto:candido@ipuf.sc.gov.br)

Sustainable Development is defined as meeting present-day needs without undermining the resources and ecological base for future generations. This definition accords with that used in *Our Common Future*, the report of the World Commission on Environment and Development (also known as the Brundtland Commission). Cities are clearly central to meeting the goals of sustainable development, as the majority of the world's population will soon be living in towns and cities.

Geoindicators are measures of geological processes and phenomena occurring at or near the Earth's surface and subject to changes that are significant for environmental monitoring over periods of 100 years or less. 27 geoindicators were identified by COGEOENVIRONMENT, a working group in the International Union of Geological Sciences – IUGS, to reflect and capture those changes in the environment.

Land Readjustment projects are used normally to improve public facilities such as roads, parks, sewerage facilities etc., necessary for daily life in project areas as well as to readjust individual land parcels to face public roads, thereby increasing land utility. Land readjustment is a particularly effective technique for the improvement of urban infrastructure, developed in Japan and widely used in Asia and other parts of the world.

Land-use models that truly integrate the social, economic, and ecological considerations are in their infancy. Understanding the interface between causality and effect of land-use decisions is a key challenge facing the scientific community and planners. Planning for the long term requires consideration of the potential for unexpected events. Although disturbances shape the characteristics of ecosystems, estimating the occurrence and implications of these unanticipated events is difficult. The integration of Geoindicators and Land Readjustment techniques can be a way of helping shape comprehensive land-use models.

The evaluation of the Geoindicators in the urban planning of a certain area, determining areas to be preserved or used with restrictions, and their integration with the Land Readjustment techniques in the remaining areas, which can have urban occupation, will allow for urban development with social justice and a healthy environment, thereby fulfilling the objectives of Sustainable Development. The integration of geoindicators and land readjustment will be the key of sustainable development, principally in areas where the environmental changes are strong and quick.



## APÊNDICE 2

*Trabalho apresentado no "GEOINDICATOR WORKSHOP", realizado em Cusco - Perú, 30 de setembro a 4 de outubro de 2002.*

### **THE NEED OF UTILIZATION OF GEOINDICATORS IN THE PLANNING AND TERRITORIAL MANAGEMENT OF NORTHEASTERN AQUIFER AT SANTA CATARINA ISLAND, BRAZIL.**

Candido Bordeaux Rego Neto<sup>(1)</sup> & Nelson Infanti Jr. <sup>(2)</sup>

(1) Geologist, MSc., **Institute of Urban Planning of Florianópolis** - IPUF, Praça Getúlio Vargas, 194, Florianópolis-SC-Brazil. ZIP CODE: 88020-030, E-mail: candido@ipuf.sc.gov.br

(2) Geologist, PhD, **Federal University of Santa Catarina** - UFSC, CTC-ECV POBox 476 Florianópolis-SC-Brazil. ZIP CODE: 88010-970, E-mail: infanti@ecv.ufsc.br

### **RESUMEN**

El artículo trata del uso potencial de los geoindicadores en la planificación y la dirección territorial del acuífero nororiental en la Isla Santa Catarina, Brasil, donde el suministro de agua para los usos humanos hace la conservación acuífera subterránea un problema importante. La práctica presente de subdivisión de la tierra en el área produce un modelo caótico, con ocupación de la tierra creciente que ya alcanza parte del área acuífera. La amenaza más grande es la carga de polución en las zonas residenciales que están ahora desprovistas de un sistema sanitario apropiado.

Las formaciones geológicas en la Isla Santa Catarina consisten en masas de roca granítica, rodeadas por el depositos holocenic sedimentarios de naturaleza variada. Una transición entre esos dos tipos fundamentales de material geológico y formas de relieve es representada por los depósitos coluvionales. Se discuten las características principales de los geoindicadores relacionadas a aguas subterráneas.

El acuífero es de naturaleza freática y se extiende para aproximadamente 30 Km<sup>2</sup>, y es recargado principalmente por infiltración directa de lluvia. La descarga anual total del acuífero es de 6,140,000 m<sup>3</sup>/año representando 49% de la recarga anual total. Considerado el equilibrio hidrico mes a mes, la recuperación de los volúmenes bombeada para la mayoría del año del hidrológic se garantiza y excluye los meses de octubre a diciembre, donde el volumen bombeó iguala o incluso excede la recarga mensual.

### **ABSTRACT**

The paper deals with the potential use of geoindicators in the planning and territorial management of northeastern aquifer at Santa Catarina Island, Brazil, where concerns about water supply for human uses turns underground aquifer conservation an important issue. The present practice of land subdivision in the area results in a chaotic pattern, increasing land occupation that already reaches part of the aquifer area. The largest menace is the pollution load in the residential zones that are now devoid of an appropriate sanitary system.

Geological formations in Santa Catarina Island consists of granitic rock masses, surrounded by holocenic sedimentary deposits of varied nature. A transition between those two fundamental types of geological material and relief forms are represented by the slope deposits of the coluvium-aluvium compartment. The main characteristics of geoindicators related to underground waters are discussed.

The aquifer is of phreatic nature, extending for about 30 Km<sup>2</sup>, and is recharged mainly by direct infiltration of rainfall. The total annual discharge of the aquifer is of 6,140,000 m<sup>3</sup>/year representing 49% of the total annual recharge. Considering the hydric balance month to month, good recovery of the volumes pumped for most of the hidrológic year is guaranteed, excluding the months of October to December, where the volume pumped equals or even exceed the monthly recharge.

## INTRODUCTION

Florianópolis is the capital city of Santa Catarina State, one of the southern states of Brazil in South America. Florianópolis has more than 90% of its territory situated on an oceanic island, called Santa Catarina Island, where concerns about water supply for human uses makes the utilization of aquifers an important issue.

The land division structure above the aquifer located in the northeastern area of Santa Catarina Island, municipal district of Florianópolis (Figure 1– Location Map), has its origin in the way the old portions of land were distributed in the colonial period.

The present practice of land subdivision in the area results in a chaotic pattern, increasing land occupation that already reaches part of the aquifer area. The largest menace is the pollution load in the residential zones that are now devoid of an appropriate sanitary system.

The underground water system consists of a water mass flowing through the pores or fractures under the surface of the Earth. Constantly, water is added to the system by the rainfall recharge, and removed by the water discharge and by evapotranspiration. Each system is unique, as the sources and amounts of water in movement depend on external factors such as: rainfall rates, location of water flows and water bodies as well as evapotranspiration rates. However, a common factor for every underground water system is that the total quantity of water entering, leaving and stored in the system should be conserved.

TÓTH (1999) shows that the underground waters are a general geological agent. The two fundamental causes for the active paper of the underground waters in nature are its capacity for interact with the environment and the spatial distribution of the flow. Both occur simultaneously in the whole spatial and time scales, although with different intensities. So the underground flow occur from the surface to great depths, with time scales of one day to geological times. The environmental interactions are chemical, physical and kinetical, and the effects of the interactions are cumulative, being distributed according with the geometry of the flow systems. The number and the diversity of the natural phenomenons generated by this flow are practically limitless, since the basic types can be modified by one or more of the components of the hydrogeologic media: topography, geology and climate.

An important consideration in the management of underground waters is its vulnerability to sources of contamination. The low speed of underground waters causes pollutants reaching them to stay a long time inside of the system. Remediation projects generally are very expensive and the results are unsatisfactory. For these reasons the best solution is prevention.

Rivers, lakes and humid areas are integral parts of the flow systems of underground waters. It is necessary to understand the relative importance of all the involved factors, in each water body, for an effective integrated management of the hydric resources (WINTER,1999).

Any exploration of underground water that is not managed in an integrated way and not considers the needs of the present and of the future generations, places in risk this resource, being therefore unsustainable (VILLARROYA & ALDWELL, 1998).

## URBAN OCCUPATION OF THE AREA

The land division structure above the aquifer located in the northeast area of Santa Catarina Island, municipal district of Florianópolis (Figure 1– Location Map), has its origin in the way the old portions of lands were distributed in the colonial period. The typical property had as limits on a side, the sea and on the other, the water shed divide. Along the centuries those lands went being subdivided in the

longitudinal sense, resulting in the current pattern of narrow stretches (20 to 60 meters) with hundreds of meters long (400 to 1500 meters).

In consequence of that archaic land structure, there was a lineal occupation, of the fish spine type. The tradition of the first occupants to divide the properties longitudinally for their heirs (decreasing the width of the former property) is being altered and now long narrow access are cut with land subdivision in the transversal direction. This land owner pattern type characterizes an individual precarious property right.

This practice of land division without property titles, that is, simple subdivision of ownerships, gave origin to several types of litigious problems as for example: invasions, multiple titles and family disputes. On the other hand, these subdivisions never underwent the legal demands of the land division of the soil that foresee minimum dimensions of urban lots, proportion of public areas, standard street system and green areas.

The result is a chaotic increasing occupation that already reaches part of the aquifer area. If energetic and urgent measures of urban planning and administration are not immediately taken, the area will demand, in the future, big public investments in dispossessions to provide the necessary infrastructure to maintain the population quality of life. The largest menace is the pollution load in the residential zones that are now devoid of an appropriate sanitary system.

The predominance of precarious ownership rights works as an incentive to illegal constructions, since without real property titles the City Hall cannot approve the constructions officially and demand the observation of the norms.

Another preponderant factor in the process of illegal constructions is related to the difference between the norms of land use and occupation, and the real city with its habits. The zoning Rural Exploration Area (AER), limits the use and the occupation of the soil, prohibiting land subdivision, except for ranches with areas above 5.000 m<sup>2</sup>. The legislation restriction for creation of new land subdivision, however, doesn't inhibit the proliferation of illegal small lots without infrastructure (Figure 2 – Evolution of the Occupation 1957-2000). It is urgent a new legislation, that considers the current reality and that in fact gives rationality to this occupation.

## **GEOLOGICAL ASPECTS**

During Holocene (Quaternary) Santa Catarina Island was in fact an archipelago, because the sea level was situated above the present level. The several islands were constituted, as the current ones, by the granitic rock masses. The sedimentation and the progressive lowering of the sea level in the last 2.500 years, allowed the connection of most of the former islands through sediment deposition of varied nature: marine sands, organic lagunar clays, sand dunes, etc. (BRASIL,1988).

While the coastal processes built a new landscape, the morfo-climatic processes acted in the area, dissecting the rock masses, producing the hills and current hillsides. A transition between those two fundamental types of geological material and relief forms are represented by the slope deposits of the coluvium-aluvium compartment. In this way the landscape can be synthesized as follows:

- Hills, mountains and hill sides: features in general situated above the 10m elevation with declivity higher than 20°, constituted by granitic rocks pink to gray, sporadically cut by dikes of another rock type (generally dark gray diabase). Except for the scarps where it appears the “nude rock”, those rock masses are usually covered by a layer of red soil, of variable thickness, with rock blocks exposed or immersed in the mass;

- Ramps (surfaces in general placed below the 50m elevation, and above the 5m elevation, with declivity between 10° and 20°): transition features, constituted by old dunes with brown color that were dissipated by rainfall or by old flat landslides (coluvium), of red color;
- Plains (surfaces in general placed below the 5m elevation, with declivities lower than 5°): unconsolidated sedimentary deposits, constituted by layers of sand and clay, of gray to black colors (sometimes yellowish or greenish), with variable thickness and extension. The marine, lacustrine, eolic, fluvial and alluvial fans environments that determined the deposition conditions of the sediments, occur separately or are juxtaposed.

SANTOS (1997), accomplished the integration of pedologic, geologic and geotechnical data of the Municipal district of Florianopolis with application to the land use in engineering works, presented in the Geotechnical Map of the Municipal District of Florianopolis. The area of the case study presents the following Geotechnical Unities (Figure 3 – Geotechnical Unities Map):

#### **PZsq– Hydromorfic Podzol Soil**

Podzol presents sandy texture and, being hydromorfic, presents problems for the sanitary installations and drains. Besides, they can present, in the base of the B horizon, a layer extremely hard, compact and not very permeable.

#### **Gsq–Glei**

It is constituted by fluvio-lagunar deposits, inserting siltic-loamy layers with sandy layers. Organic soil levels of low support capacity occurs frequently. These areas are usually flooded, and the phreatic level is close to the surface. In those conditions, the sanitary installations and drains can contaminate the phreatic level.

#### **HOsq–Organic Soils**

These soils are usually a lot compressible, and occur in swamp areas, where the environment is not adequate for the urbanization process, as well as the sanitary installations and drains are also not adequated.

#### **AQRd– Quartz Sands of the Dissipation Ramps**

These are Pleistocenic dunes that received contribution of the iron oxides of the weathered granite soils, presenting certain cimentation degree in the natural state. They present good drenability and deeper phreatic level. The exposed slopes should be gentle and protected by vegetation with appropriate species. This unit presents good support capacity for foundations, when confined.

#### **AQsq1– Hydromorfic Quartz Sands**

The drainage of those soils is fast. Excavations should be braced to avoid collapses of the ditches. Sanitary installations and drains are problematic because the phreatic level is close to the surface.

#### **DNsq–Dunes and Marine Sands**

The movement of dunes through the eolic action can cause damage, as invasion of dwellings and covering of highways. The movement of the marine sands by the waves of the sea, can provoke erosions with soil removal.

## UNDERGROUND WATERS

The aquifer Ingleses-Rio Vermelho system, of phreatic nature, extends for about 30 Km<sup>2</sup>, in the northeast portion of Santa Catarina Island, and is recharged mainly by direct infiltration of rainfall. The distribution of the rainfall infiltration is significantly related to the factors: annual rainfall, altitude and percentag of area covered by impermeable surfaces. The artificial recharge from the local systems of disposition of domestic efluentes (septic systems) and from the losses of the system of water supply, although important, represent a secondary effect.

This aquifer is of crucial importance for the water provisioning of the whole north area of the Island. Besides the wellpoints, used by the local inhabitants, great number of wells perforated by the state water company (CASAN) exists, most placed in the central area of the littoral plain, in the places of Rio Vermelho and Capivari. The wells, that in general present high flows, have similar characteristics: 40 to 60 meters of sand with grain size variable from fine to coarse and in the base an impermeable loamy layer, that limits the aquifer.

Hydrogeologic mapping accomplished by the state mineral resoures company CPRM (1996), utilizing geophysical methods such as electroresistivity and electromagnetism, obtained several parameters such as: geometry of the deposit, thickness and volume, salty zones, saline wedges, porosity, and flow direction of the underground waters.

The area of this case study presented the following results: saline wedge occurs in the South Ingleses beach; in the Santinho occurs the invasion of the sea by the aquifer (see Figure 4 – Saline Wedge at 7,5m Depth); the top of the saturated zone is at 1 meter depth (see Figure 5 – Depth of the Top of the Saturated Zone); the aquifer shows thickness above 30 meters configuring a zone with more than 80 meters in the central portion in direction to the Santinho beach (see Figure 6 – Thickness of the Aquifer); the direction of the flow of the underground waters is radial in the sense of the South Ingleses beach and Mozambique beach (see Figure 7 – Direction of the Underground Water Flow); and the medium speed of the superficial flow of the underground waters is of  $15 \cdot 10^{-6}$  m/s, approximately 1,3 m/dia.

The aquifer is a great basin that discharges its waters into the beaches of Ingleses and Santinho. The amount of wellpoints for the inhabitants water supply is big. In the thickest zone of the aquifer are located some wells of the state water company – CASAN. In the south limit of the Santinho beach there are some wells, 30 meters deep, built with the purpose of lowering the phreatic level to dry out the beach sand, that presents fresh water in all its extension.

Calculations accomplished by EPT/CASAN (2002) demonstrated that the total annual discharge of the aquifer is of 6,140,000 m<sup>3</sup>/year representing 49% of the total annual recharge, estimated in 12,500,000 m<sup>3</sup>/year. Considering the hydric balance month to month, good recovery of the volumes pumped for most of the hidrologic year is guaranteed, excluding the months of October to December, where the volume pumped equals or even exceed the monthly recharge.

In the current situation, the aquifer counts with an exploring flow of 10,444 m<sup>3</sup>/day in the period from April to July, of 12,385 m<sup>3</sup>/day from August to November, and of 28,512 m<sup>3</sup>/day from December to March. In the last quadrimester, corresponding to the summer period, the system suffers a considerable explotation increase, that imposes to the model unfavorable conditions for the current configuration of the well field in operation. The continuity of this negative balance can cause a movement of the saline wedge, being considered a transitory state, until a balance state is reached again.

The water presents good bacteriological quality now and it can be used for water supply without restrictions. From the point of view of the hardness they are considered soft. The corrosion potential or incrustation of the waters, is considered as corrosive to very corrosive waters. The other parameters

meet under normal conditions of potability. The septic systems represent the main focus of the local vulnerability.

## CONCLUSIONS

The potential use of geoindicators in the planning and territorial management, aiming underground aquifer conservation in urban areas, is clearly demonstrated in the paper. The geoindicators related to underground waters can be classified in three groups.

The first, characterizes the lowering and ascent of the level of the underground water, due to the exploration and recharge. The second includes the consequences of the processes of deterioration of the underground water quality. The last, embraces a group of geological processes, as changes in the solubility of the minerals and in the consolidation of the soil drains (KLIMAS, 1999).

It still exists a lot of uncertainties in the estimation of contribution areas for recharge of wells of underground water exploration (ALLEY, 1999).

The authors emphasizes that the use of geoindicators is very important in the determination of recharge zones, in the definition of preventive measures against contamination, and in the establishment of the hydrogeological model to avoid over-exploitation, which favours intrusion of saline wedge.

The area studied represents a local situation that may be widespread in holocenic sedimentary coastal areas of Brazil.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge CASAN - Companhia de Aguas e Saneamento de Santa Catarina - for the permission to publish results of the studies carried out in the aquifer Ingleses-Rio Vermelho system.

## Bibliography

- ALLEY, W. M., REILLY, T. E. & FRANKE, O.L. Sustainability of Ground-Water Resources. U.S. **Geological Survey Circular 1186**. Denver, Colorado, USA. 1999. Available at the internet address: <http://water.usgs.gov/pubs/circ/circ1186/html>.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina**. Texto Explicativo. Esc. 1:200.000. Série Geologia, nº 28. Seção Geologia Básica nº 18. 1988. 40p. il. (in Portuguese).
- CPRM **Levantamento Geofísico das Águas Subterrâneas na Região da Praia dos Ingleses, Santinho e Rio Vermelho. Município de Florianópolis, Santa Catarina**. Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Superintendência Regional de Porto Alegre. Relatório Final: Interpretação dos dados e apresentação dos resultados (unpublished report) 1996. 14p. il. (in Portuguese).
- EPT / CASAN Estudo do Manancial Subterrâneo dos Distritos de Ingleses do Rio Vermelho e São João do Rio Vermelho. **Município de Florianópolis, Santa Catarina**. EPT–Engenharia e

Pesquisas Tecnológicas S.A. / CASAN–Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. (preliminary unpublished report) April, 2002. 100p. il. (in Portuguese).

KLIMAS A. & GREGORAUSKAS M. **Groundwater Abstraction and Contamination as Geoindicators of Geoenvironmental Changes.** Geoindicators. Workshop in Vilnius, Lithuania. october 11-16, 1999. Available at the internet address: <http://www.lgt.lt:8080/geoin/topic/vilnius> File downloaded in april/03/2002.

SANTOS, G. T. **Integração de informações pedológicas, geológicas e geotécnicas aplicadas ao uso do solo urbano em obras de engenharia.** Tese de Doutorado. Porto Alegre, PPGEM – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997, 209p. il. (in Portuguese).

TÓTH, J. Groundwater as a geologic agent: An Overview of the Causes, Processes, and Manifestations. **Hydrogeology Journal.** (1999) 7:1-14

VILLARROYA, F. & ALDWELL, C. R. Sustainable Development and Groundwater Resources Exploitation. **Environmental Geology.** 34 (2/3) May 1998. pp111-115.

WINTER, C. T. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. **Hydrogeology Journal.** (1999) 7: 28-45.

## FIGURES



Figure 1 - Location Map

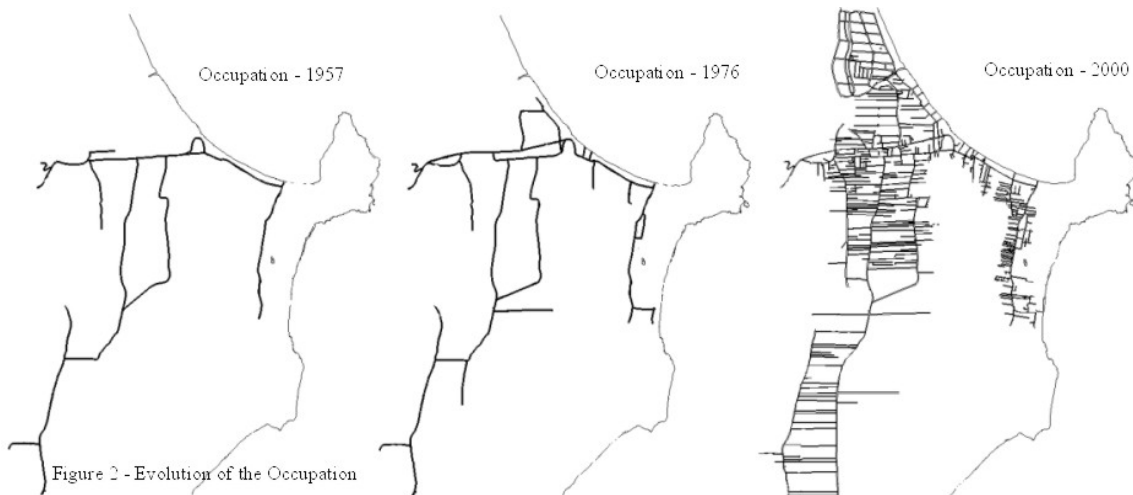


Figure 2 - Evolution of the Occupation

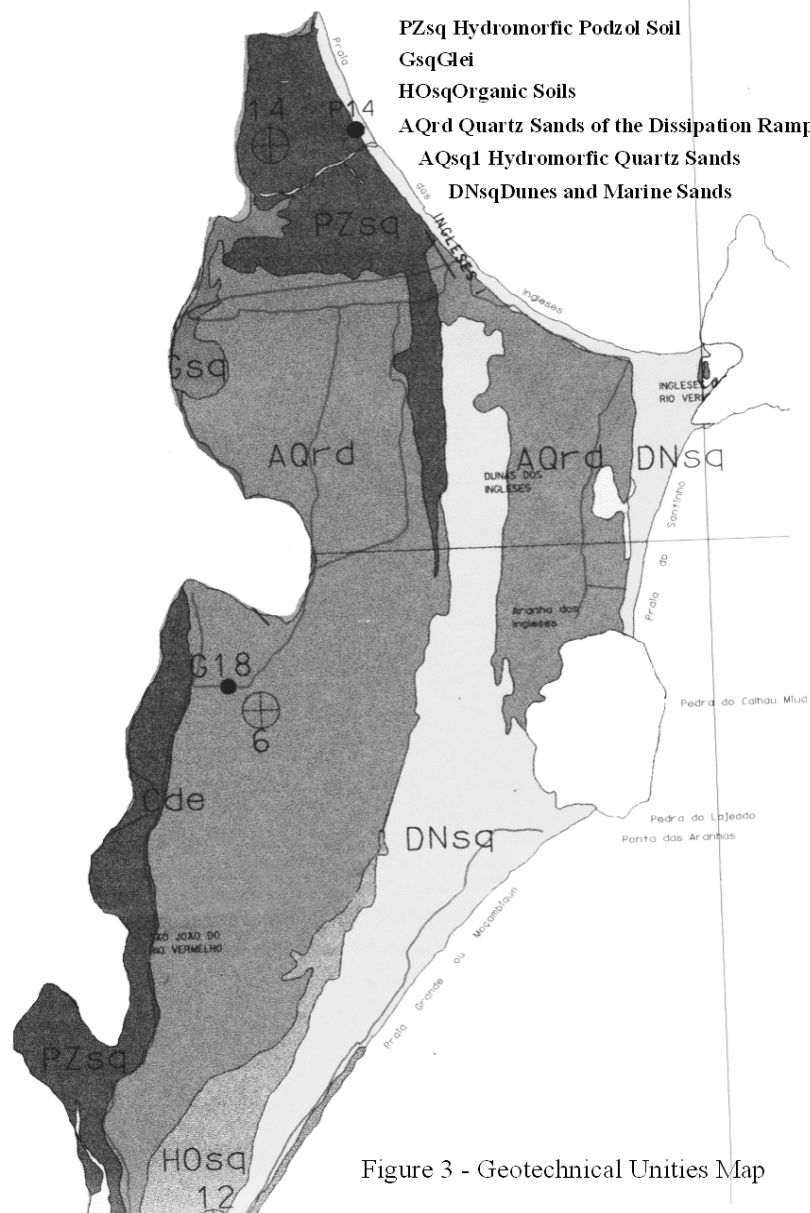


Figure 3 - Geotechnical Unities Map



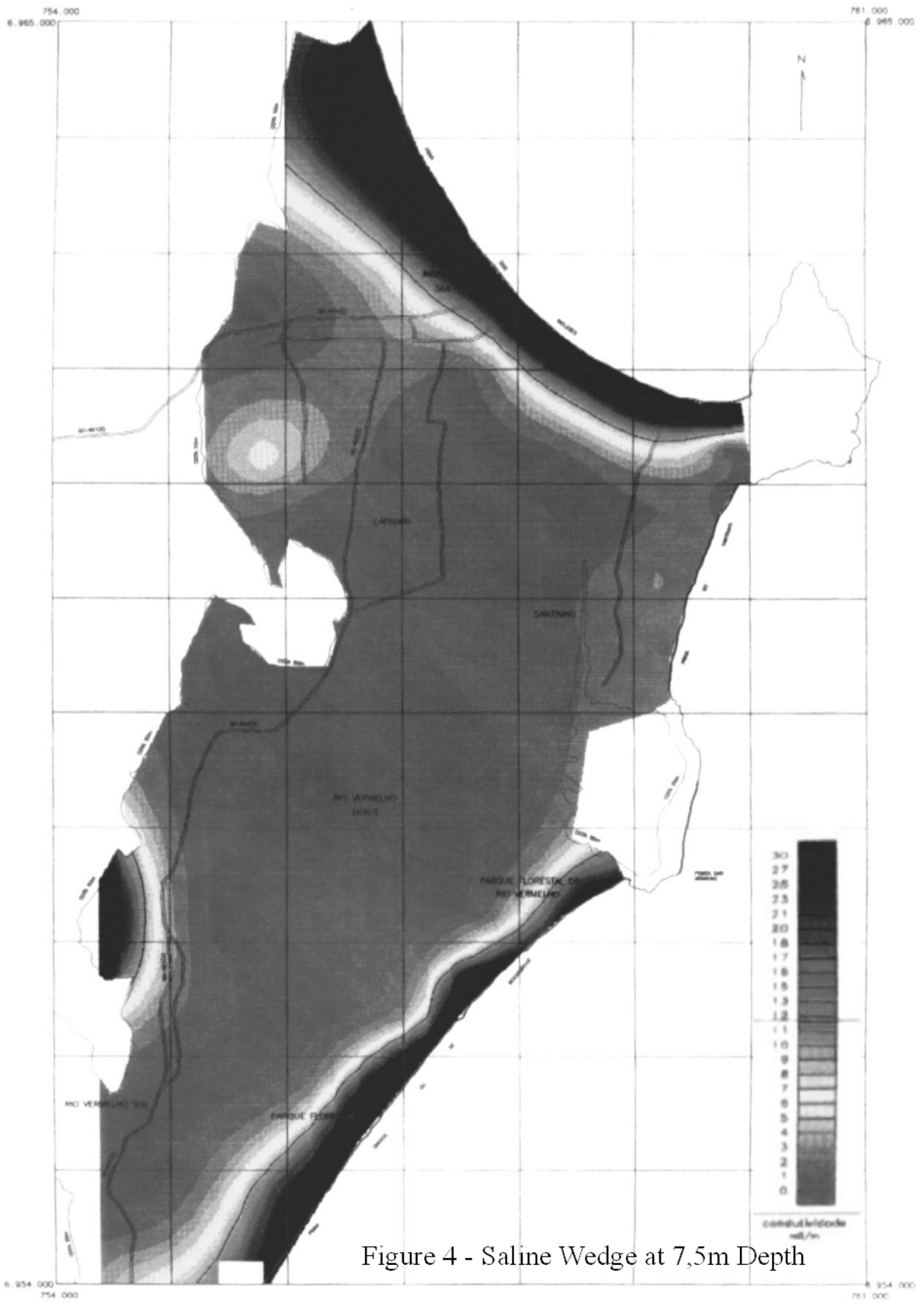


Figure 4 - Saline Wedge at 7,5m Depth

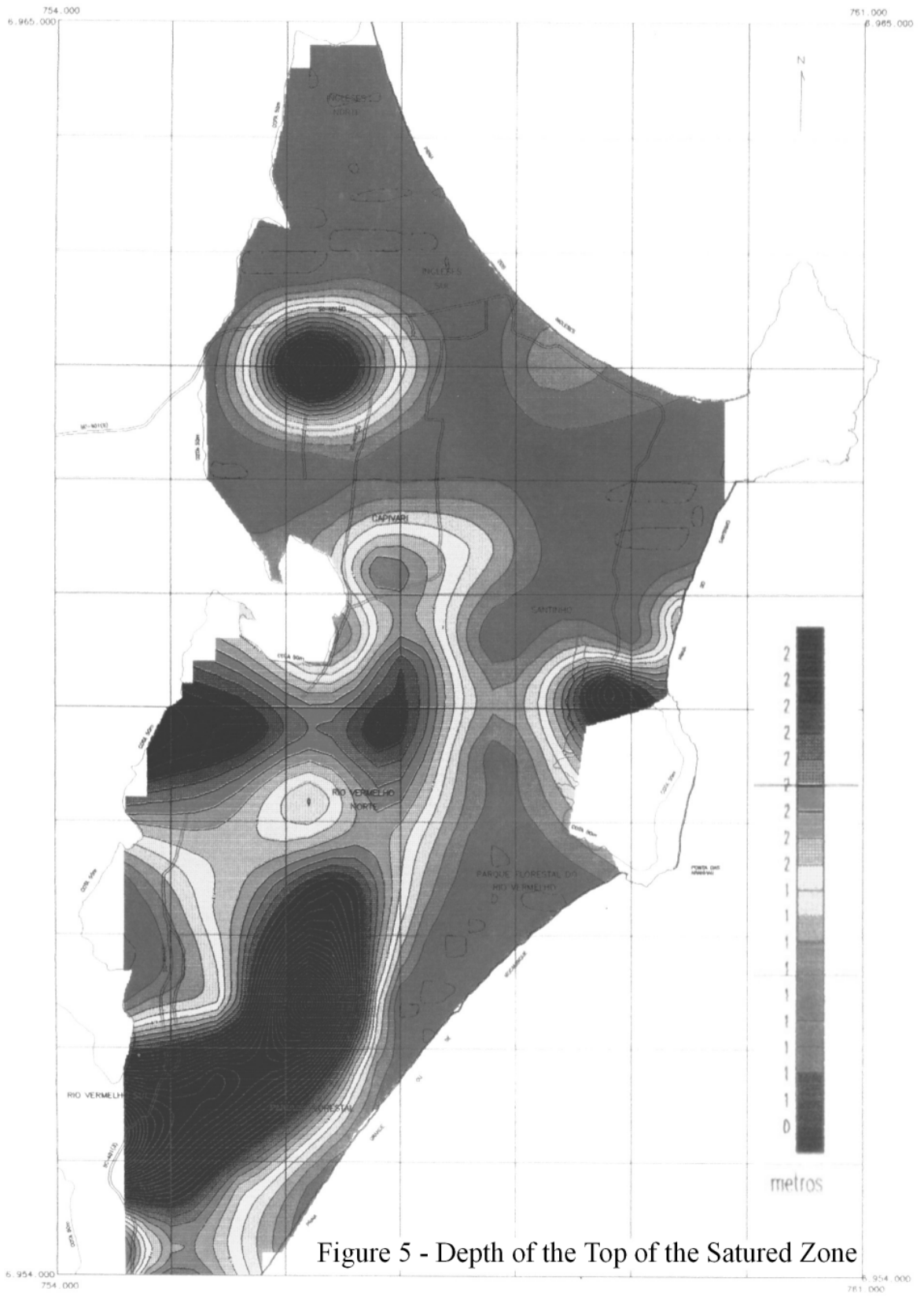


Figure 5 - Depth of the Top of the Saturated Zone

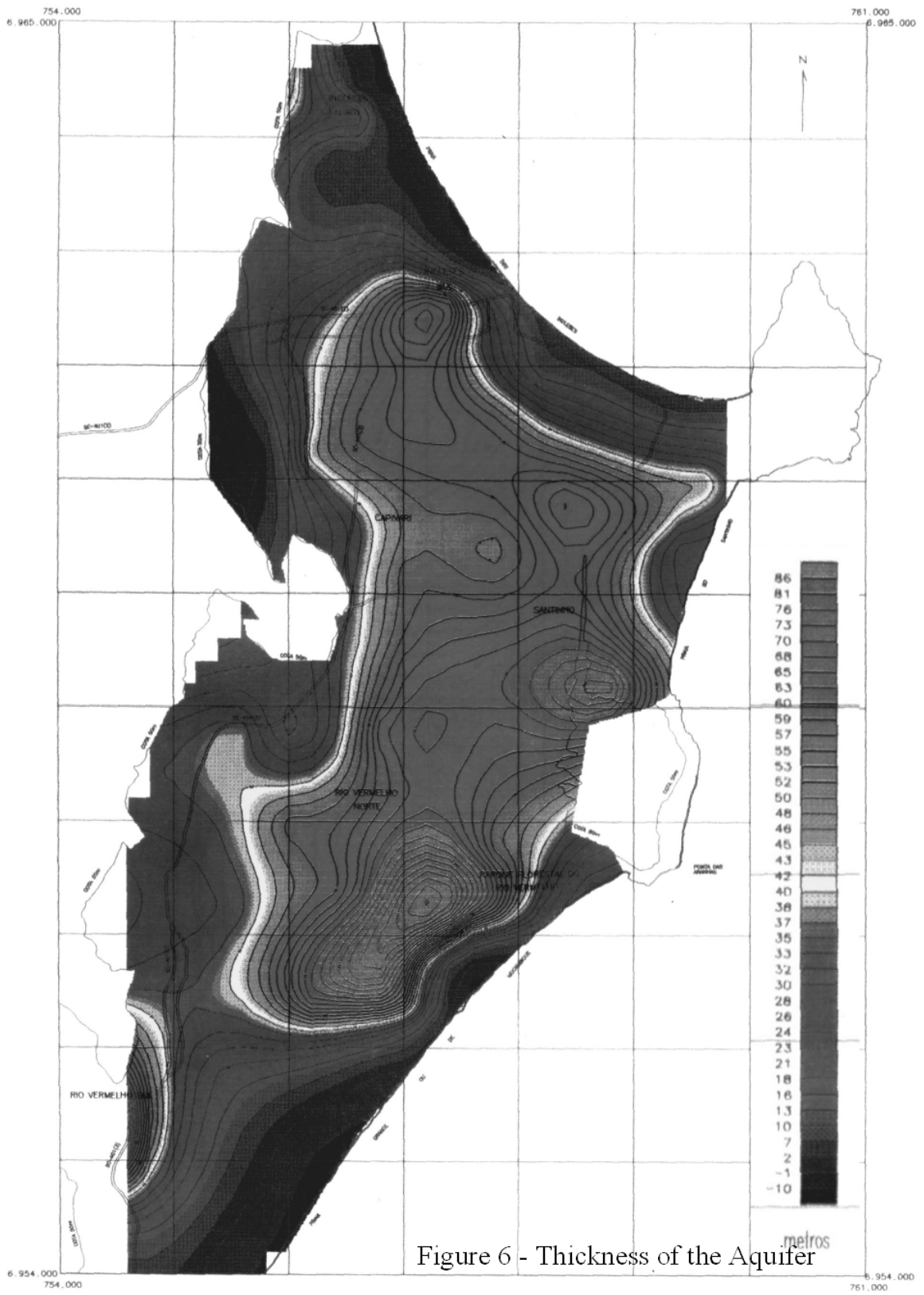


Figure 6 - Thickness of the Aquifer

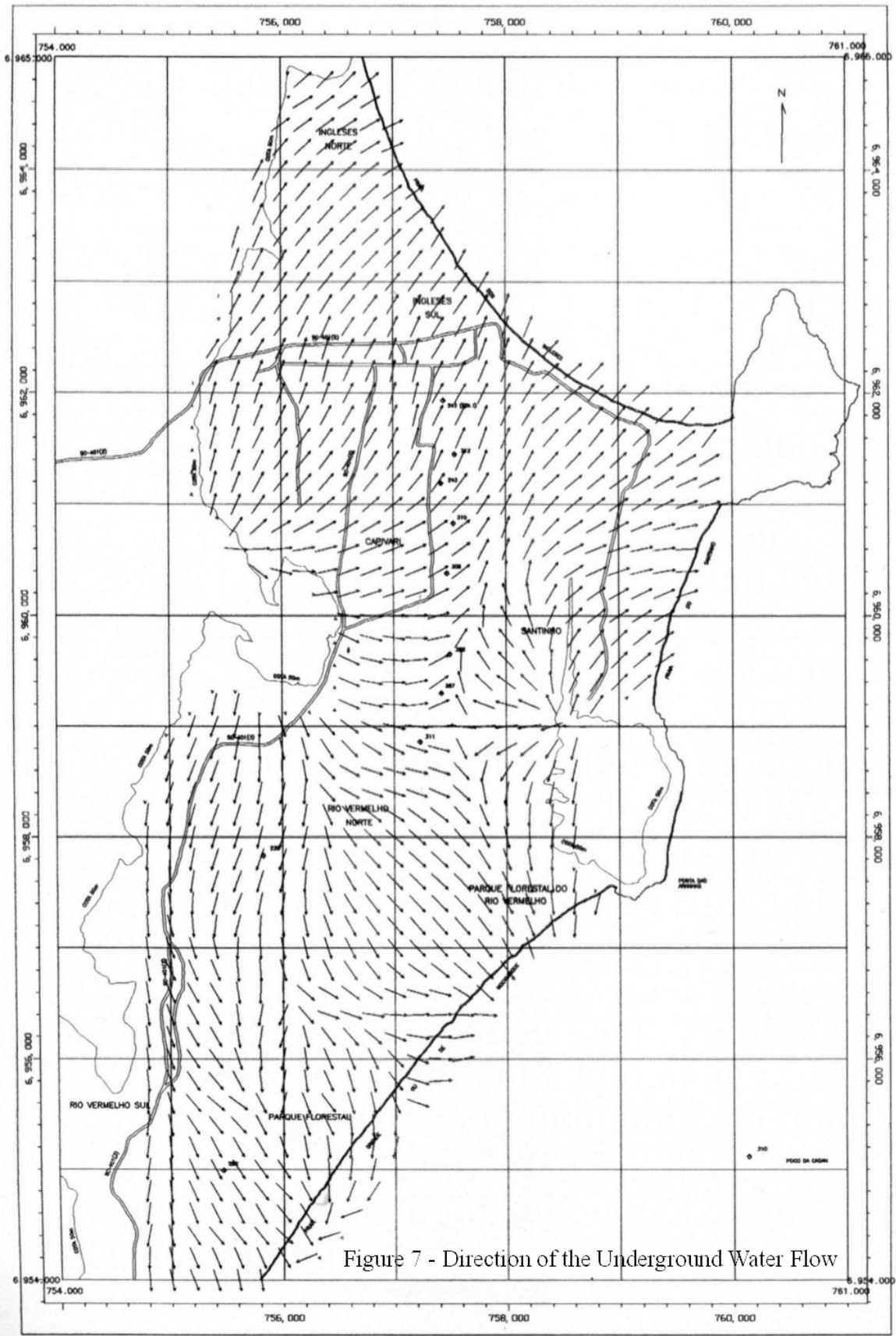


Figure 7 - Direction of the Underground Water Flow

## ANEXO 1

**LAND READJUSTMENT LAW**  
**(Kukaku-Seiri)**

Contents

<b>Chapter 1    General provisions</b>	Article (121)	Page
The Purpose of the Act		1
Definition		1
Implementation of Land Readjustment Project		2
By Housing and Urban Development Corporation		2
By Regional Development Corporation		3
By Local Housing Supply Corporation		3
Under Legal City Planning		4
<b>Chapter 2    Implementing body</b>		
Section 1 Individual Implementing body		
Approval of implementation		5
Agreement		5
Consents of the parties, of which the lands other than lots are in jurisdiction		6
Consents of the parties vested with rights on the implementation plan		6
Standards for approvals of implementation		7
Alteration of agreements and implementation plan		8
Changes of implementing body		9
Transfer of rights/duties of implementing body		10
Discontinuation/termination of land readjustment project		10
Section 2 Land readjustment cooperative		
2-1 <u>Establishment</u>		
Approval of establishment		11

Articles of cooperative	11
Implementation plan	12
Consents of the parties, of which lands other than lots are jurisdiction	12
Consents of landowners/leaseholders on the articles of cooperative and the implementation plan	12
Statement of leasehold	12
Public inspection and measures for comments on the implementation plan	13
Standard for approval of establishment and effect of establishment of cooperative	14
Corporate body	15
Limited use of terms	16
Allocation of cost for establishment	16
<u>2-2 Management</u>	
Members of cooperative	16
Transfer of rights/duties of members	16
Directors	17
Service of directors	18
Report of the director' s name and others	19
Organization of cooperative	19
Convene a general meeting	20
Chairperson of general meeting	20
General meeting and proceedings	21
Sectorial meeting under general meeting	21
General representative meeting	22
General representative	23
Voting right	23
Alteration of articles of cooperative and implementation plan	24
Collection of imposition for bearing the project cost	25
Punishment for failure to pay impositions and others	26
Prescription of impositions and others	26
Loans	27
Corresponding application of civil law	27
<u>2-3 Dissolution and Merger</u>	
Dissolution	27

Liquidator	28
Liquidation	28
Limitation on disposition of rest of properties	28
Statement of accounts	28
Merger	28
Corresponding application of civil law and law of legal procedure for non-suit cases	30

### Section 3 Provincial/Municipal Government

Formulation of implementation ordinances and implementation plan	30
Implementation ordinances	31
Implementation plan	31
Enactment of implementation plan and it' s alteration	31
Establishment of land readjustment council	34
Organization of the council	34
Council member	34
Substitute members	36
By-election of council members and others	36
Chairperson of the council	37
Convene the council, meeting, and proceedings	37
Voting right and eligibility for election	37
Measures for failure to convene the council meeting	38
Evaluator	38

## **Chapter 3 Land Readjustment Project**

### Section 1 General Rules

Entry into lands for the purposes of survey and investigation	40
Compensation for losses and damages incurred by the entry and others	41
Public perusal of necessary records	42
Necessary measures for technical assistance	42
Control over construction and others	43
Removal of buildings and others	44
Compensation for damages incurred by transference and others	46

Using the lands and others	48
Putting up signs	48
Partition or combination of lot	49
Reporting to registry office	49
Keeping documents	49
Statement of rights	49
Section 2 Replotting Plan	
Formalization and approval of replotting plan	51
Replotting plan	51
The consent of right holders concerned in replotting plan, public inspection, and treatment of opinions	52
Replot	53
No replot on the basis of agreement with land possessor	53
Special arrangement for sub-standard lot in size	53
Special arrangement for sub-standard lease land in size	54
Buildings for replotting	54
Equity payment	56
Measures for special lots	56
Reserve land	58
Alteration of replotting plan	58
Section 3 Designation of Provisional Replot	
Designation of provisional replot	59
Effect of provisional replots	60
Suspension of use the yielding benefit	61
Taking charge of lots on which no replot is designated	61
Compensation for damages incurred by provisional replotting	62
Provisional equity payment	63
Section 4 Replotting Disposition	
Replotting disposition	63
Legal effect of replotting disposition	64
Jurisdiction of lands for public facilities	65



Administration of public facilities	66
Registration of replots	67
Disposition of reserve land	67
<b>Section 5 Compensation for Decreased Value</b>	
Compensation for decreased value	68
<b>Section 6 Equity Payment/Collection</b>	
Equity payment/collection	68
Counterbalance of equity payment/collection	70
Deposit of equity payment for lots with mortgage and others	70
<b>Section 7 Regulations on Rights</b>	
Claims for increase/decrease of land rent and others	70
Waiver of right and others	71
Claims for establishing easement	71
Claims for increase/decrease of rental/leasing charges	72
The term for claiming	72
<b>Chapter 4 Cost Allocation</b>	
Cost allocation	73
Share of the cost of local government	73
Cost allocation of administrator of public facilities	74
Subsidy	74
Loan	75

## ANEXO 2

NAME: Groundwater level

**BRIEF DESCRIPTION:** Groundwater is replenished from precipitation and from surface water, but the rate of abstraction (withdrawal by humans) may exceed the rate of natural recharge, leading to reduction of the resource. Some aquifers, especially in arid and semi- arid regions, contain paleowaters (fossil groundwater) stored from earlier periods of wetter climate: the reduction of these reserves is comparable to ' mining' . In alluvial plains, reduction in streamflow reduces the rate of natural recharge to aquifers: in Bangladesh it is estimated that local groundwater levels have dropped nearly 3 m because of upstream dams and diversions of the Ganges. Measurement on a regular basis of water levels in wells and boreholes or of spring discharge provides the simplest indicator of changes in groundwater resources. However, springs may be perennial, intermittent, or periodic, and their discharge may depend on changes in climate, tides, and local underground conditions such as changes in rock stresses.

**SIGNIFICANCE:** Groundwater is the major source of water in many regions, supplying a large proportion of water globally. In the USA, more than half the drinking water comes from the subsurface: in arid regions it is generally the only source of water. The availability of clean water is of fundamental importance to the sustainability of life. It is essential to know how long the resource will last and to determine the present recharge: groundwater mining is a terminal condition.

**HUMAN OR NATURAL CAUSE:** There are natural changes in groundwater levels because of climate change (drought, pluvial episodes), but the main changes are due to human abstraction. In many places artificial recharge of aquifers is accomplished deliberately by pumping or as an indirect result of irrigation.

**ENVIRONMENT WHERE APPLICABLE:** Wherever groundwater is extracted for human use (drinking, irrigation, industrial use), or where it influences the ecosystem (e.g. in wetlands). Paleowaters are of particular importance in aquifers in arid and semi- arid regions.

**SCALE:** patch to landscape / regional

**TYPES OF MONITORING SITES:** Boreholes, wells or springs representative of the particular aquifer.

**METHOD OF MEASUREMENT:** Monitoring of the depth to the water table is carried out using manual measurements, automatic water-level recorders, or pressure transducers. Standard hydrogeological methods are used to calculate a water balance. Current recharge rates must be calculated taking account of climatic variability over recent decades.

**FREQUENCY OF MEASUREMENT:** Minimum monthly intervals to reflect seasonal as well as annual changes. The state of fossil aquifers should be assessed at about 5 year intervals.

**LIMITATIONS OF DATA AND MONITORING:** Water levels need to be measured both seasonally and annually over decades to determine overall trends. Overall accuracy of manual methods is around 1 cm, but this can be reduced to millimetres with automation.

**APPLICATIONS TO PAST AND FUTURE:** Paleowaters may provide an archive of past climatic variations.

**POSSIBLE THRESHOLDS:** A threshold is crossed when the rate of abstraction exceeds the rate of recharge, and a sustainable renewable resource becomes a non-renewable mined one. When pumping a well exceeds the rate of lateral inflow, the

well dries out and a threshold has been crossed, though the situation may reverse itself when pumping ceases or when recharge increases.

**KEY REFERENCES:**

Edmunds, W.M. 1996. Indicators in the groundwater environment of rapid environmental change. In Berger, A.R. & W.J.Iams (eds). *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems*:121-136. Rotterdam: A.A. Balkema.

Freeze, R.D. & J.A. Cherry 1979. *Groundwater*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

deMarsily, G. 1986. *Quantitative hydrology*. New York: Academic Press.

Price, M. 1985. *Introducing groundwater*. London: Allen and Unwin.

**OTHER SOURCES OF INFORMATION:** Environment, water/hydrology agencies, geological surveys, IAH, IAHS, IHP, WHO.

**RELATED ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL ISSUES:** There is an extensive 'agenda' of environmental issues related to groundwater depletion, including the drainage of wetlands, stability of foundations, and the salinization of soils [see groundwater quality]. Pollution of groundwater, a major problem in urban areas, also reduces the overall resource.

**OVERALL ASSESSMENT:** The level of groundwater is an essential parameter in areas of groundwater use.

## ANEXO 3

NAME: Groundwater quality

**BRIEF DESCRIPTION:** The chemistry (quality) of groundwater reflects inputs from the atmosphere, from soil and water-rock reactions (weathering), as well as from pollutant sources such as mining, land clearance, agriculture, acid precipitation, domestic and industrial wastes. The relatively slow movement of water through the ground means that residence times in groundwaters are generally orders of magnitude longer than in surface waters. As in the case of Surface water quality, it is difficult to simplify to a few parameters. However, in the context of geoindicators, a selection has been made of a few important first-order and second order parameters that can be used in most circumstances to assess significant processes or trends at a time-scale of 50-100 years.

The following first order indicators (in italics) of change are proposed, in association with a number of processes and problems, and supported by a number of second order parameters:

1. SALINITY: Cl, SEC (specific electrical conductance), SO<sub>4</sub>, Br, TDS (total dissolved solids), Mg/Ca, delta<sup>18</sup>O, delta<sup>2</sup>H, F
2. ACIDITY & REDOX STATUS: pH, HCO<sub>3</sub>, Eh, DO, Fe, As
3. RADIOACTIVITY: <sup>3</sup>H, <sup>36</sup>Cl, <sup>222</sup>Rn
4. AGRICULTURAL POLLUTION: NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, DOC (dissolved organic carbon), K/Na, P, pesticides and herbicides
5. MINING POLLUTION: SO<sub>4</sub>, pH, Fe, As, other metals, F, Sr
6. URBAN POLLUTION: Cl, HCO<sub>3</sub>, DOC, B, hydrocarbons, organic solvents

During development and use of an aquifer, changes may occur in the natural baseline chemistry that may be beneficial or detrimental to health (e.g. increase in F, As): these should be included in monitoring programs. The quality of shallow groundwater may also be affected by landslides, fires and other surface processes that increase or decrease infiltration or that expose or blanket rock and soil surfaces which interact with downward-moving surface water.

**SIGNIFICANCE:** Groundwater is almost globally important for human consumption, and changes in quality can have serious consequences. It is also important for the support of habitat and for maintaining the quality of baseflow to rivers. The chemical composition of groundwater is a measure of its suitability as a source of water for human and animal consumption, irrigation, and for industrial and other purposes. It also influences ecosystem health and function, so that it is important to detect change and early warnings of change both in natural systems and resulting from pollution.

1. SALINITY: Fresh groundwater may be limited laterally by its interface with sea water and adjacent rock types, or vertically by underlying formation waters. Saline water intrusion into coastal aquifers can result from overpumping of fresh groundwater, or when streamflow decreases (e.g. due to dams or diversions) lead to reduced recharge of aquifers in deltas and alluvial plains. Strong evaporation in areas with shallow water tables may also lead to salinization. Changes in levels of salinity may occur due to natural climate change or due to excessive pumping and irrigation practices that stimulate precipitation of dissolved solids as salts on agricultural lands. It is important to monitor overall changes in salinity using Cl or SEC and, if possible, to characterize the source of the salinity, using one or more secondary indicators.

2. **ACIDITY AND REDOX STATUS:** Emissions of  $\text{SO}_x$  and  $\text{NO}_x$  from industrial sources have, in places, led to an order of magnitude decrease in mean rainfall pH. This has accelerated natural weathering rates and reduced the buffering capacity of soils and rocks, causing an increase in acidity of shallow groundwaters especially in areas deficient in carbonate minerals. Acidification is a major problem to human and ecosystem health in large areas of North America, Northern Europe, Southeast Asia and South America. The impact on surface waters is exacerbated where the buffering effect of  $\text{HCO}_3^-$  in groundwater baseflow to rivers and lakes is diminished. Changes in the redox status of groundwater (mainly consequent on the reduction of  $\text{O}_2$ ) can also take place rapidly due to microbial or chemical processes in natural systems or as a result of pollution. An increase in acidity (decrease in pH) or a decrease in Eh (redox potential) may give rise to undesirable increases in dissolved metals. The onset of reducing conditions may, however, have benefits such as in situ de-nitrification.
3. **RADIOACTIVITY:** Natural background radioactivity can be closely related to the presence or absence of rocks and sediments containing uranium or other naturally radioactive materials. Concentrations of dissolved Rn gas provide one means of detecting the presence of natural radioactivity in groundwater [see karst activity]. Of more significance from an environmental point of view is the possible migration of radionuclides to groundwater from thermonuclear testing, nuclear power plants and military installations.
4. **AGRICULTURAL POLLUTION:** Nitrate levels in groundwater have been increasing over recent decades in most countries as a result of drainage of excess fertilizers. Nitrate, and other mobile fertilizer-derived parameters such as K (K/Na), DOC and  $\text{SO}_4$  serve as important tracers of human-induced environmental degradation, though natural denitrification can also occur under reducing conditions (see ACIDITY). Herbicides and pesticides (insecticides, fungicides) and other agrochemicals may also be mobile in groundwaters and can serve as an index of diffuse pollution beneath agricultural lands over the past 20-30 years. Because analysis is extremely difficult, it is not feasible to use these as indicators. Their presence can, however, be inferred if high concentrations of other indicators are present.
5. **MINING POLLUTION:** Sulphate derived from the oxidation of sulphide minerals is the best single indicator of pollution from metal and coal mining, oil and gas production, and to a lesser extent from exploration activities. A decrease in pH is generally associated with this process, as are increases in the dissolved loads of Fe and other metals that may contaminate both groundwater and surface waters as acid mine drainage. The problem becomes acute for water supplies and ecosystems as groundwater levels rise following mine closures. F and Sr derived from weathering of associated vein minerals may also serve as secondary indicators.
6. **URBAN and INDUSTRIAL POLLUTION:** The impact of human habitation and disposal of wastes characterized by numerous chemicals is invariably evident in the quality of local groundwater. Many chemicals enter the ground, but the deterioration of water quality may be assessed by those constituents that are most mobile. One key issue is to protect deeper, uncontaminated aquifers and to monitor the effects of contaminant plumes moving into surrounding areas. Thus, DOC, Cl and  $\text{HCO}_3^-$  represent primary indicators of pollution from towns, cities, landfills and waste dumps. Biological impacts may be measured using

indicator organisms such as *E. coli*. However, harmful microorganisms generally fade out within several hundred metres of flow in groundwater, and an alternative is to measure the breakdown products of these biological processes, such as DOC and  $\text{HCO}_3^-$ . Secondary indicators include B (where detergents are used), solvents and hydrocarbons.

**HUMAN OR NATURAL CAUSE:** Both. Changes in natural baseline conditions may occur over the timescales of interest, and may be measured at an individual borehole or spring. Superimposed on these, however, are the greater impacts of the human activities described above.

**ENVIRONMENT WHERE APPLICABLE:** The main environments of importance from a global viewpoint are those where major aquifers provide water supplies, especially in bottomland settings with saturated riverine or deltaic sediments, generally of limited thickness and high transmissivity. These environments include temperate regions where adequate supplies of surface water are unavailable, semi-arid and arid regions where groundwater is overwhelmingly the source of supply, and humid tropics where groundwater increasingly provides a bacteriologically 'safe' source of drinking water. It is essential to protect groundwater quality here. Groundwater also provides an important medium for monitoring associated environmental change in these regions.

**TYPES OF MONITORING SITES:** Shallow wells, springs and major water supply boreholes where flow is active. Observation holes where flow may be low or stagnant should be avoided. Locations should be along major hydraulic gradients, and some should be located downstream of potential problem areas (e.g. power stations, urban areas, waste disposal sites, agricultural lands) so as to relate individual pollutants to their sources. Wherever possible groundwater monitoring of geoinicators should be integrated with national water quality networks.

**SPATIAL SCALE:** patch to mesoscale / regional

**METHOD OF MEASUREMENT:** The first order indicators can be analyzed with relative ease using standard techniques and laboratory equipment. In many cases they may be measured remotely by sensors placed in wells or at points of discharge. To measure small environmental changes requires high precision and accuracy. Changes in acid status should be assessed using  $\text{HCO}_3^-$  rather than pH, which may vary little (except below a pH of 5.5) due to buffering. The second order parameters require more specialized and costly analysis, as do measurements of radioactivity.

**FREQUENCY OF MEASUREMENT:** Changes in groundwater quality are usually detectable on a seasonal or annual scale. Dispersion, reaction and mixing ensure that the addition of small amounts of contaminants are commonly difficult to detect. Changes both at a regional scale and in point source effects are important for monitoring. A maximum frequency of 4 times a year is suggested to detect changes in shallow groundwater sources, but annual measurements are sufficient for deeper sources.

**LIMITATIONS OF DATA AND MONITORING:** Care is needed to ensure that sample locations are representative of the groundwater flow regime, vertically as well as horizontally. It is useful to have two sample points, one shallow and one deep, installed at the same site. Spatial variability will impose a limit of what can be achieved, and the resulting network of sites to measure groundwater quality is likely to represent a compromise. Analytical accuracy between widely-spaced measurements, possibly by different people, is likely to be a problem. Springs may be stable over the long term, but they can also fluctuate rapidly, due to dual porosity nature of the aquifer, to changes in atmospheric pressure, in precipitation and

evaporation rates, or to seismic or volcanic activity, making causes difficult to determine.

**APPLICATIONS TO PAST AND FUTURE:** Below the water table, groundwater is not generally a good archive of past changes because of dispersion of the input signal. However, paleowaters may be recognized by chemical and isotopic signals in large sedimentary basins. Around springs, deposits of calcareous or siliceous material (travertine, tufa, sinter), ranging from those that are inorganically precipitated to those that are wholly organic, may reflect past changes in surface climate or in local underground conditions of hydrology and chemistry. The chemistry of groundwater in the unsaturated zone can provide a key archive of past climatic and ecological changes [see [groundwater chemistry in the unsaturated zone](#)].

**POSSIBLE THRESHOLDS:** International standards for maximum admissible concentrations of various substances in drinking water have been set by WHO (1993) and many national agencies. A range of guidelines exist for the quality of groundwater used for other purposes, such as livestock watering and irrigation.

**KEY REFERENCES:**

Appelo, C.A.J. & D.Postma 1993. Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam: Balkema.

Berger, A.R. & W.J.Iams (eds)1996. Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems. Rotterdam: A.A. Balkema. (See papers by W.M.Edmunds and C.B.Dissanayake)

Hem, J.D. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254.

WHO, 1993. Guidelines for drinking water quality. Geneva: World Health Organization.

**OTHER SOURCES OF INFORMATION:** Excellent records of NO<sub>3</sub> concentrations and other major ions are to be found in many national archives, and can be used to study environmental change. Environment and health departments, water/hydrological agencies, geological surveys, IAGC, GS, IAH, IAHS.

**RELATED ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL ISSUES:** In many areas, especially tropical, endemic human diseases (e.g. fluorosis associated with excess F and goitre associated with I deficiency) are related to natural groundwater quality: these diseases may be mitigated by appropriate changes in water chemistry. Changes in groundwater quality may result from other environmental impacts, including acid precipitation, urbanization, agricultural development, land clearance and mining, as detailed above. Variations in groundwater chemistry may also cause changes in habitats and in the salinization of soils and surface waters. Groundwater tritium has been monitored with regard to fallout from nuclear testing in several countries over the past 30 years.

**OVERALL ASSESSMENT:** Monitoring changes in groundwater quality provides a key indication of both human impacts on the hydrosphere and on the environment in general.

## ANEXO 4

NAME: Relative sea level

**BRIEF DESCRIPTION:** The position and height of sea relative to the land (relative sea level - RSL) determines the location of the shoreline [see shoreline position]. Though global fluctuations in sea level may result from the growth and melting of continental glaciers, and large-scale changes in the configuration of continental margins and ocean floors, there are many regional processes that result in rise or fall of RSL that affect one coastline and not another. These include: thermal expansion of ocean waters, changes in meltwater load, crustal rebound from glaciation, uplift or subsidence in coastal areas related to various tectonic processes (e.g. seismic disturbance and volcanic action), fluid withdrawal, and sediment deposition and compaction. RSL variations may also result from geodetic changes such as fluctuations in the angular velocity of the Earth or polar drift. Tide-gauge records suggest an average global sea-level rise over the past century of 0 to 3 mm per year, though there is no firm evidence of acceleration in these rates. Indeed, a recent study by the US Environmental Protection Agency predicts that global sea level is likely to rise 15 cm by 2050 (about 3 mm/year) as a result of human-induced climate warming.

**SIGNIFICANCE:** Changes in RSL may alter the position and morphology of coastlines, causing coastal flooding, waterlogging of soils and a loss or gain of land. They may also create or destroy coastal wetlands and salt marshes, inundate coastal settlements, and induce salt-water intrusion into aquifers, leading to salinization of groundwater. Coastal ecosystems are bound to be affected, for example, by increased salt stress on plants. A changing RSL may also have profound effects on coastal structures and communities. Low-lying coastal and island states are particularly susceptible to sea-level rise. It is estimated that 70% of the world's sandy beaches are affected by coastal erosion induced by RSL rise.

**HUMAN OR NATURAL CAUSE:** Variations in sea levels are natural responses to climate change, geoidal variations, movements of the sea floor, and other earth processes outlined above. It has been suggested that human actions including drainage of wetlands, withdrawal of groundwater (which eventually flows to the sea), and deforestation (which reduces terrestrial water storage capacity) may currently contribute about 0.5 mm/year to a global rise in sea level. Human-induced climate change is also of obvious importance. Local changes may be caused by large engineering works nearby, such as river channelling or dam construction, that influence sediment delivery and deposition in deltaic areas.

**ENVIRONMENT WHERE APPLICABLE:** Marine coastlines

**TYPES OF MONITORING SITES:** Near harbours, shore installations and coastal communities. Holocene RSL trends can be investigated through geological studies of beach ridge plains, coastal terraces, coral reefs and other 'bioconstructions', beaches, marshes, the intertidal zone, and coastal archaeological sites.

**SPATIAL SCALE:** patch to mesoscale / regional to global

**METHOD OF MEASUREMENT:** Tide gauges, GPS techniques, re-levelling surveys to identify changes in coastal land elevation. Holocene RSLs are commonly documented by locating a feature associated with a former sea level



and determining its present elevation and age. In general, coastal lagoons, barrier coral reefs, and flooded river mouths imply submergence. More specific indicators include raised strandlines and marine shell deposits, drowned coastal deposits, and saltwater to freshwater transitions in silled basins.

**FREQUENCY OF MEASUREMENT:** Continuous for tide gauges, less frequent for other techniques such as re-levelling.

**LIMITATIONS OF DATA AND MONITORING:** Though there are many ways to tell whether RSL has changed in a particular area, distinguishing land subsidence or uplift from submergence or recession due to other sources of sea-level change is difficult. For modern RSL, a datum is required, and because of high frequency variability, more than 30 years of data may be needed to establish a reliable trend. For Holocene RSLs, the lack of true sea-level indicators and the coarse temporal resolution make interpretation difficult. There are also errors introduced when dating geological and geomorphological features and when using them to determine the exact RSL position. Note that most of the RSL work has been carried out in the Northern Hemisphere (especially on both sides of the North Atlantic) and in the more developed countries: few RSL curves apply to Africa, Latin America, or Oceania or southern Asia.

**APPLICATIONS TO PAST AND FUTURE:** Changes in Holocene RSL, especially over the past 1000 years, can be resolved on the order of centuries and may be useful for predicting future trends and effects. Modern RSL provides a basis for estimating future levels, though local variations may also be caused by temporal events, such as earthquakes.

**POSSIBLE THRESHOLDS:** An important threshold is crossed when sea levels rise above the mean land elevation of coastal communities and terrestrial ecosystems or, at least, above a high-water level to which they have become adapted.

**KEY REFERENCES:**

Berger, A.R. & W.J.Iams (eds)1996. *Geoinicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems*. Rotterdam: A.A. Balkema. (see papers by Forbes & Liverman and Morton).

Emery, K.O. & D.G.Aubrey 1991. *Sea- levels, land levels and tide gauges*. New York: Springer- Verlag.

French, J.R., T.Spencer & D.J.Reed (eds) 1995. *Geomorphic response to sea level rise: existing evidence and future impacts*. Special issue of *Earth Surface Processes and Landforms* 20/1: 1-103.

Pirazzoli, P.A. 1991. *World atlas of Holocene sea-level changes*. Amsterdam: Elsevier.

Titus, J.G. & V.K.Narayanan 1995. *The probability of sea level rise*. US Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation.

Van de Plaasche, O. (ed) 1986. *Sea level changes: a manual for the collection and evaluation of data*. Norwich, UK: Geo-Books.

Warwick, R.A., E.M.Barrow & T.M.L.Wigley 1993. *Climate and sea level change: observations, projections and implications*. Cambridge: Cambridge University Press.

**OTHER SOURCES OF INFORMATION:** Geological surveys, hydrographic, oceanographic and coastal agencies, IGA, INQUA, SCOR, Permanent Service for Mean Sea- Level (Bidston Observatory, Birkenhead, Merseyside L43 7RA, UK).

**RELATED ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL ISSUES:** Many geomorphological changes in the marine coastal zone are affected by fluctuations in RSL. Low-lying islands and coastal cities are vulnerable to rising sea levels.

**OVERALL ASSESSMENT:** Understanding changes in coastal environments requires monitoring of relative sea levels.

## ANEXO 5

NAME: Dune formation and reactivation

**BRIEF DESCRIPTION:** Dunes and sand sheets develop under a range of climatic and environmental controls, including wind speed and direction, and moisture and sediment availability. In the case of coastal dunes, sea-level change and beach and nearshore conditions are important factors. Organized dune systems and sheets in continental environments form from sediment transported or remobilized by wind action. New generations of dunes may form from sediment remobilized by climatic change and/or human disturbances. Dune formation and movement is well documented from the margins of many deserts, as well as from temperate regions and along sandy coasts [see shoreline position]. Sand movement is inhibited by moisture and vegetation cover, so that dunes can also be used as an indicator of near- surface moisture conditions. Changes in dune morphology or position may indicate variations in aridity, wind velocity and direction [see wind erosion], or disturbance by humans. Dune changes can be correlated with climatic variables using aridity indices and the dune mobility index, which is the ratio between available wind energy and the precipitation-potential evapotranspiration ratio.

**SIGNIFICANCE:** Moving dunes may engulf houses, fields, settlements and transportation corridors. Active dunes in sub-humid to semi-arid regions decrease arable land for grazing and agriculture. They also provide a good index of changes in aridity. Coastal dunes are important determinants of coastal stability, supplying, storing and receiving sand blown from adjacent beaches. Dunes play an important role in many ecosystems (boreal, semi-arid, desert, coastal) by providing morphological and hydrological controls on biological gradients.

**HUMAN OR NATURAL CAUSE:** Changes in dune morphology and movements can result from variations in aridity (drought cycles). Widespread changes can also be induced by changes in wind patterns and by human disturbance, such as alteration of beach processes and sediment budgets, destruction of vegetation cover by trampling or vehicle use, overgrazing, and the introduction of exotic species.

**ENVIRONMENT WHERE APPLICABLE:** Sand dunes occur widely - in deserts, in tropical and sub-tropical latitudes, semi-arid continental mid-latitude regions. They also occur along sandy ocean beaches, estuaries and lake shorelines from the Arctic to the Equator.

**TYPES OF MONITORING SITES:** Margins of active dune areas. Sand hills and vegetation-stabilized dunes in mid-continental areas, ideally located along climatic transects.

**SPATIAL SCALE:** patch to landscape / regional

**METHOD OF MEASUREMENT:** Changes in size, shape and position of sand sheets and dune fields can be monitored by repeated ground surveys and measurement of active and dormant/relict dunes, by air photos, or by satellite images.

**FREQUENCY OF MEASUREMENT:** Dune systems should be monitored every 5- 10 years to observe changes associated with drought cycles, more frequently when movement is detected.

**LIMITATIONS OF DATA AND MONITORING:** Climatic records, especially wind data, are commonly lacking.

**APPLICATIONS TO PAST AND FUTURE:** A record of dune activity for the last 50 years can be constructed for many semi-arid areas and correlated with temperature and precipitation records. Paleorecords, including paleowind directions, exist for relict Quaternary dunes, which are widespread in Africa, Australia, India and North

America. The potential impact of future climatic variability on eolian systems may also be assessed.

**POSSIBLE THRESHOLDS:** Dune mobility index  $M > 50$ , where M is the ratio between (1) the percentage of the time the wind blows above about 5 m/sec (the threshold velocity for sand transport), and (2) annual rainfall divided by potential transpiration. Other thresholds could be based on acceptable limits for active dune areas on agricultural land, as well as on associated groundwater levels.

**KEY REFERENCES:**

Berger, A.R. & W.J.Iams (eds) 1996. *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems*. Rotterdam: A.A. Balkema. (Papers by Vance & Wolfe and Lancaster).

Cooke, R., A.Warren & A.Goudie 1993. *Desert geomorphology*. London, UCL Press.

McKee, E.D. 1979. *A study of global sand seas*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1052.

Muhs, D.R. & V.T.Holliday 1995. Active dune sand on the Great Plains in the 19th Century: evidence from accounts of early explorers. *Quaternary Research* 43: 118-124.

Nordstrom, K.F., N.Psuty & B.Carter 1990. *Coastal dunes: form and process*. Chichester, John Wiley and Sons.

**OTHER SOURCES OF INFORMATION:** Agricultural and environmental agencies, geological surveys, desert research institutes, INQUA, IGA.

**RELATED ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL ISSUES:** Mobile dunes may invade and destroy productive agricultural land and affect transportation routes. Human efforts to stabilize dunes commonly fail because they introduce disequilibrium structures that run counter to natural trends. Many efforts have been made to stabilize dunes, especially in coastal complexes by planting sand-binding vegetation. Dune migration may affect shallow water table levels by reducing surface evaporation.

**OVERALL ASSESSMENT:** Dunes are very important indicators of environmental change in arid and semi-arid regions and coastal zones.

## ANEXO 6

## NAME: Shoreline position

**BRIEF DESCRIPTION:** The position of the shoreline along ocean coasts and around inland waters (lakes) varies over a broad spectrum of time scales in response to shoreline erosion (retreat) or accretion (advance), changes in water level, and land uplift or subsidence [see relative sea level; surface displacement]. Long-term trends in shoreline position may be masked in the short term by variations over periods of 0.1-10 years or more, related, for example, to individual storms, changes in storminess, and El Niño/Southern Oscillation effects. Shoreline position reflects the coastal sediment budget, and changes may indicate natural or human-induced effects alongshore or in nearby river catchments. The detailed shape and sedimentary character of a beach (e.g. beach slope, cusp dimensions, bar position and morphology, barrier crest and berm elevation, sediment size and shape) are highly sensitive to oceanographic forcing, including deep-water wave energy, nearshore wave transformation, wave setup, storm surge, tides, and nearshore circulation: morphodynamic adjustments and feedbacks are common. Qualitative assessments of shoreline morphology can be used as a proxy for shore-zone processes, partially substituting for more quantitative measures of shoreline change where these are not available.

**SIGNIFICANCE:** Changes in the position of the shoreline affect transportation routes, coastal installations, communities, and ecosystems. The effects of shoreline erosion on coastal communities and structures can be drastic and costly. It is of paramount importance for coastal settlements to know if local shorelines are advancing, retreating or stable. Rates of recession as high as 5- 10 m/yr have been measured in many places around the world, and much higher rates have been recorded locally. Coastal erosion in the USA alone is estimated to cost \$700 million annually. Floods related to recent storm surges along the low-lying coasts of the Bay of Bengal have caused as many as 50,000 deaths per event.

**HUMAN OR NATURAL CAUSE:** Erosion and sediment accretion are on-going natural processes along all coasts. Human activities (e.g. dredging, beach mining, river modification, installation of protective structures such as breakwaters, removal of backshore vegetation, reclamation of nearshore areas) can profoundly alter shoreline processes, position and morphology, in particular by affecting the sediment supply.

**ENVIRONMENT WHERE APPLICABLE:** Ocean coasts, lake shores, estuaries.

**TYPES OF MONITORING SITES:** Cliffs, beaches, coastal dunes and wetlands [see dune formation and reactivation; wetlands extent, structure and hydrology] and other shoreline settings.

**SPATIAL SCALE:** patch to landscape / mesoscale to regional

**METHOD OF MEASUREMENT:**

**QUANTITATIVE:** Using conventional ground survey and other methods (simple rod and tape profiles, levelling, electronic total-station surveys, airphotos, GPS, analysis of old maps and charts), the following parameters are commonly monitored:

1. Width of the dry beach, position of the mean water line, the high water line, or the base of the beach where well defined. However, measurements are subject to local variations in water level and sand storage, and it may take 10 years or more to separate long-term trends from daily, annual or multi-annual variations.
2. Changes in position of top and toe of bluffs. These can provide proxies of shoreline movement, though in the short term they can move in opposite directions to those of the shoreline.

3.Changes in position of foreshore and backshore vegetation: note that the vegetation line can move in the short term in an opposite direction to that of the shoreline.

4.Beach profiles along sequential transects normal to the shoreline. Best for evaluating seasonal or other short-term shoreline movements, and beach morphology. To help in understanding why shoreline change is occurring, it can be helpful to measure:

5.Water levels, wind speed and direction, storm waves, and coastal currents; these can be related to shoreline change. Storm surge limits and other high-water indicators of meteorological or oceanographic forcing are especially important.

6.Losses or gains of sediment (sediment budget) in specific coastal compartments or cells. A sediment surplus is typically associated with an advancing shoreline, whereas a deficit may lead to shoreline retreat. The procedure attempts to identify where sediment is coming from and where it is being deposited (i.e. sources and sinks). Common sources are coastal rivers, updrift beaches or bluffs, and the inner continental shelf. Common sinks are coastal dunes, storm washovers, tidal deltas, accreting beaches, and the inner continental shelf.

QUALITATIVE: Simple and immediate visual assessments of shore morphology can indicate the state of the shoreline (eroding/accreting). These should be supplemented by photographs and videos taken from low-flying aircraft, of the mean or high water line, the limit of vegetation, the landward limit of washover sedimentation, or the base or top of a coastal cliff. Simple monitoring can be done by repeated assessments of change along a particular stretch of shoreline, such as an increase in the degree of erosion at individual sites or an increase in the number of eroding sites in a particular region.

1.The following features indicate contemporary or recent erosion: scarped or breached dunes; bluffs without talus ramps or toe deposits; peat, mud or tree stumps in the surf zone; toppled trees along the shore; narrow beaches; and washover fans. Coasts undergoing severe erosion are commonly marked by: absence of dunes and vegetation, presence of a washover apron, tidal channels that extend into the surf zone, unvegetated bluffs without ramps at their base (active wave-cutting), and man-made shoreline structures now located offshore. Actively eroding rocky shorelines are characterized by rock falls, collapsing caves and seastacks.

2.The following features indicate accreting or stable coasts: robust dunes, newly formed beach ridges, wide beaches with well-developed berms, absence of overwash or dune breaching, well-developed beach vegetation (berm colonizers, dune grasses and shrubs, healthy forests extending to shoreline), well-vegetated bluff face and toe, substantial toes at base of bluffs or cliffs.

3.Long-term shoreline retreat may be marked by the presence on the foreshore of material distinct in texture or composition, such as older relict sediments, backshore peat or shell assemblages underlying foreshore deposits.

FREQUENCY OF MEASUREMENT: Seasonal, before and after storms. Semi-annual or annual, once seasonal variability is established.

LIMITATIONS OF DATA AND MONITORING: Results are site specific, temporally and spatially discontinuous, and of varying quality. Historical records are commonly short. Qualitative results can be misleading, and many methods have severe limitations. Sediment budget calculations are hampered by lack of accurate data on coastal bathymetry and topography; map analysis by lack of accurate maps and reliable datum levels; photo analysis by radial distortion and tilt and by difficulties in determining high-water lines. Adjacent shoreline segments may respond differently

to the same environmental conditions. Gravel- dominated coastal systems may exhibit progressive beach crest growth and sediment sorting that can lead to increased stability with time or to a growing potential for rapid destabilization during extreme events. Changes in relative sea level and in sediment supply are critical factors in coastal evolution and in the response of shorelines to environmental change. In some cases sediment supply may be controlled by processes external to the coastal system, such as glacier- burst floods, changes in ice- marginal drainage, or artificial river impoundment.

**APPLICATIONS TO PAST AND FUTURE:** In general, coastal phenomena can be reliably anticipated only where extensive research and monitoring data exist. A lack of current change is no assurance of continued stability in the future, but information on changes in the shoreline position, especially over the longer term, may be useful for short-term empirical predictions. Monitoring shorelines and coastal sediment dynamics may provide a better understanding of the responses of the shoreline to human modifications and sea-level change.

**POSSIBLE THRESHOLDS:** Subtle changes in sediment supply or other factors can shift the balance between shoreline stability or accretion and shoreline erosion, with significant implications for coastal ecosystems and settlements.

**KEY REFERENCES:**

Berger, A.R. & W.J.Iams (eds)1996. Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems. Rotterdam: A.A. Balkema. (see papers by Forbes & Liverman, Morton, and Young et al.).

Carter, R.W.G. 1988. Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. London: Academic Press.

Carter, R.W.G. & C.D.Woodroffe (eds) 1994. Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics. Cambridge: Cambridge University Press. (especially paper by Cowell and Thom on coastal morphodynamics).

Godschalk, D.R., D.J.Brower & T.Beatley 1989. Catastrophic coastal storms and hazard mitigation and development management. Raleigh NC: Duke University Press.

Pilkey, O.H., R.A.Morton, J.T.Kelley & S.Penland 1989. Coastal land loss. Washington, American Geophysical Union.

**OTHER SOURCES OF INFORMATION:** Coastal, environment, oceanography agencies, geological surveys, IGA, IGCP (Project 367 -Late Quaternary coastal records of rapid change) , INQUA, SCOR,

**RELATED ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL ISSUES:** Changes in the shoreline affect the distribution and functioning of salt marsh, estuarine and littoral ecosystems, as well as the planning and management of coastal resources and built structures.

**OVERALL ASSESSMENT:** The shoreline position is perhaps the most important geoindicator for low-lying coastal communities and islands. Quantitative methods are best for predicting future shoreline movements. Qualitative indicators of shoreline position and morphology are practical, inexpensive, and rapid guides to coastal erosion.

Fonte: BERGER (1996).