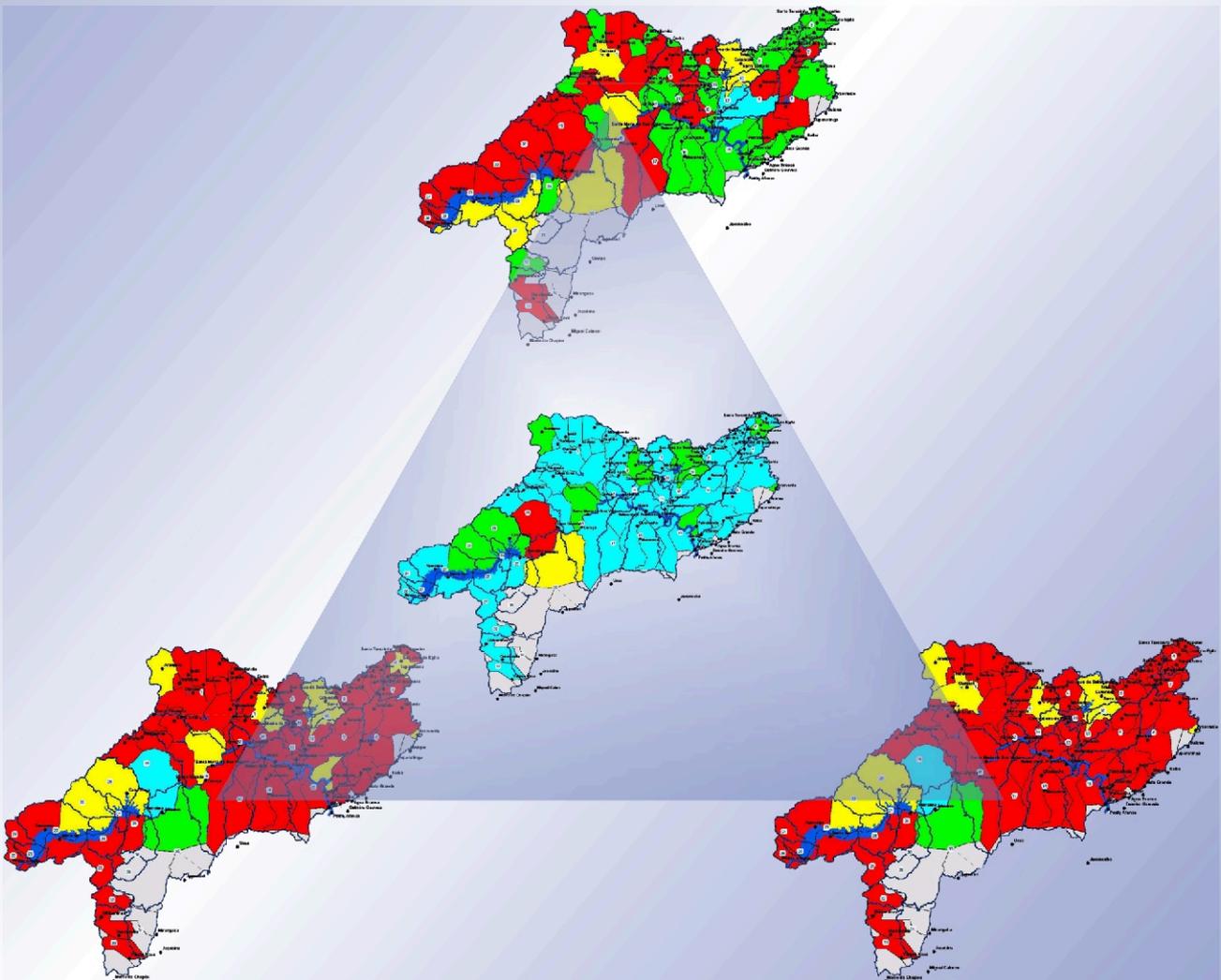


ÍNDICE DO USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA (ISA-ÁGUA) - REGIÃO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Editores técnicos

Elisabeth F. Fay
Célia Maria M. S. Silva



Embrapa

Meio Ambiente

**ÍNDICE DO USO SUSTENTÁVEL DA
ÁGUA (ISA-ÁGUA) - REGIÃO DO
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luís Carlos Guedes Pinto
Presidente

Sílvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana
Diretor-Presidente

Kleper Euclides Filho
José Eugênio França
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura
Chefe-Geral

Ladislau Araújo Skorupa
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz
Chefe-Adjunto de Administração

Arioaldo Luchiari Júnior
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ÍNDICE DO USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA (ISA-ÁGUA) - REGIÃO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Editores-Técnicos

*Elisabeth F. Fay
Célia Maria M. S. Silva*

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000 Jaguariúna, SP
Fone: 19-3867-8750 Fax: 19-3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Editoração:

Heloisa Ferreira Filizola; Manoel Dornelas de Souza; Cláudio César de Almeida Buschinelli; Maria Conceição Peres Young Pessoa; Osvaldo Machado R. Cabral; Marta Camargo de Assis

Revisão de texto

Maria Amélia de Toledo Leme

Normalização bibliográfica

Maria Amélia de Toledo Leme

Projeto gráfico/Editoração eletrônica

Silvana Cristina Teixeira Estevão

Capa

Cláudio C. A. Buschinelli

Tratamento das ilustrações

Silvana Cristina Teixeira Estevão

1ª edição

1ª impressão (2006): 1000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n.º 9610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo deste livro desde que citada a fonte.

CIP. Brasil. Catalogação na publicação.

Fay, Elisabeth Francisconi

Índice de uso sustentável da água (ISA-Água) na região do sub-médio São Francisco / editado por Elisabeth Francisconi Fay e Célia Maria Maganhotto de Souza Silva. – Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2006. 157p.

ISBN 85-85771-42-9

1. Água – Uso sustentável. 2. Recursos hídricos – Região Nordeste. I. Silva, Célia Maria Maganhotto de Souza. II. Título.

CDD: 333.91

© Embrapa Meio Ambiente, 2006

Autores

Aderaldo de Souza Silva

Engenheiro agrônomo, doutor em Impacto Ambiental, pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Rodovia BR 428, km 152, CEP 56300-970, Zona Rural, Petrolina, PE, Fone: (81) 3862-1711.

E-mail: aderaldo@uol.com.br

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva

Graduação em História Natural, doutora em Microbiologia Aplicada, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, Fone: (19) 3867-8763.

E-mail: célia@cnpma.embrapa.br

Cláudio César de Almeida Buschinelli

Ecólogo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, Fone: (19) 3867-8736.

E-mail: buschi@cnpma.embrapa.br

Elisabeth Francisconi Fay

Farmacêutica-bioquímica, M. Sc. em Ciências Biológicas, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, Fone: (19) 3867-8737.

E-mail: bethfay@cnpma.embrapa.br

Ênio Farias de França e Silva

Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem, pós-doutorando do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. Avenida Centenário s/nº, CEP 13400-970, São Dimas, Piracicaba, SP, Fone: (19) 3429-4100.

E-mail: effsilva@esalq.usp.br

Izilda Aparecida Rodrigues

Geógrafa, doutora em Demografia, bolsista pós-doutorado CNPq, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, Fone: (19) 3867-8724.

E-mail: isis@cnpma.embrapa.br

Luiz Carlos Hermes

Farmacêutico-bioquímico, M. Sc. em Energia Nuclear na Agricultura, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP, Fone: (19) 3867-8734.

E-mail: hermes@cnpma.embrapa.br

Ronalton Evandro Machado

Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem, professor da UNINCOR - Campus São Gonçalo do Sapucaí, Rua do Ouro, 615 - Cidade Sul, CEP 37490-000 - São Gonçalo do Sapucaí, MG, Fone (19) 3402-2291.

E-mail: remachad@yahoo.com.br

Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro

Engenheiro agrônomo, Consultor, Rua Valter Dourado, 123 - Country Club, Juazeiro, BA, CEP 48900-912, Fone (74) 3612-6641; (87) 8802-0274.

E-mail: zacariaszee@uol.com.br

Apresentação

Com o crescimento populacional e o aumento das atividades econômicas no mundo, a água de qualidade tornou-se recurso natural escasso, requerendo políticas públicas de âmbito nacional ou multilateral para a gestão de usos múltiplos e conservação da qualidade.

Apesar da posição relativamente confortável nesse cenário, ao deter cerca de 11,6% da água doce do mundo, o Brasil apresenta problemas de distribuição desigual desse recurso: cerca de 70% encontra-se na Amazônia em contrapartida aos 3% de disponibilidade no Nordeste brasileiro. Já em regiões como no Centro-Sul brasileiro, apesar de boa disponibilidade, a intensidade da atividade econômica - expansão urbana, indústria, serviços e agropecuária - tem levado aos conflitos de uso da água, considerados graves, tendo em vista o diagnóstico de elevado desperdício e falta de tratamento das águas servidas.

Desde a década de 90 o Brasil vem implementando políticas públicas que visam o gerenciamento do uso e qualidade dos recursos hídricos. Os avanços recentes nessa direção podem ser avaliados a partir da criação da Agência Nacional de Águas (ANA) e do conjunto de iniciativas por ela coordenado, com a participação de vários órgãos públicos federais, estaduais e municipais. Os objetivos visados são a consolidação de instrumentos de políticas públicas, inovadoras, na gestão ambiental das águas brasileiras.

Convergente com tal esforço, a Embrapa Meio Ambiente, em parceria com outras Unidades da Embrapa e outras instituições públicas e privadas, vem executando projetos de pesquisa e desenvolvimento na região do Submédio São Francisco. Como resultado desse esforço, a Embrapa vem oferecer à sociedade brasileira métodos de monitoramento da qualidade de água em bacias hidrográficas.

É com grande satisfação que apresentamos o livro **Índice do Uso Sustentável da Água (ISA-ÁGUA) – Região do Submédio São Francisco**, que descreve de forma resumida, porém didática, a construção de um método de monitoramento da água. O ISA-ÁGUA é um método que permite integrar três dimensões da análise ambiental (ecológico, econômico e social) a partir de dados coletados a campo e de estatísticas de fontes secundárias. A sustentabilidade, nesse contexto, é definida pelos mecanismos e instrumentos de gestão, de controle e de monitoramento da qualidade de água, em bacia hidrográfica ou em território.

A obra está organizada em seis capítulos. No capítulo 1, com o título Considerações Gerais de Classificação e Monitoração de Qualidade de Água, os autores descrevem aspectos conceituais relativos à classificação das águas quanto a qualidade, aos indicadores e aos padrões comumente utilizados, dando ênfase aos componentes ambientais da sustentabilidade.

O capítulo 2, Proposta Metodológica do Uso Sustentável da Água, apresenta a base conceitual, a estrutura do modelo e a sua lógica de funcionamento. O caráter inovador oferecido pelos autores é a integração das dimensões ecológica, econômica e social com o uso de procedimentos estatísticos tais como análise multivariada, análise fatorial e análise de agrupamento a partir de dados georreferenciados pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Nos Capítulos 3, Índice do Perfil Ecológico, e 4, Índice do Perfil Social e do Perfil Econômico, os autores descrevem com detalhes a construção de cada uma das dimensões ou perfis da análise ambiental tendo-se o município como unidade geográfica de estudo.

No capítulo 5, denominado Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA-Água), os autores apresentam os resultados da aplicação do método proposto para as 35 sub-bacias hidrográficas do Submédio São Francisco. O ISA-ÁGUA hierarquiza os 73 municípios analisados atribuindo índices de sustentabilidade que variam de elevado, alto, regular a baixo.

E, finalmente, no capítulo 6, apresenta-se a Proposta Metodológica para o Monitoramento da Qualidade das Águas em Bacias Hidrográficas com o uso do ISA-ÁGUA. Os autores defendem o seu uso combinado com métodos de monitoramento participativo, baseados em kits ou estojos de análises rápidas de parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água, cuja âncora é o treinamento de agentes ambientais voluntários nas comunidades consideradas.

É portanto, um livro fundamental para todos os estudiosos e interessados no monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas. O ISA-ÁGUA apresentado, além de pioneiro, permite combinações ou adaptações com métodos aplicados à participação comunitária, atendendo assim a diversidade das situações encontradas, por exemplo, ao longo da Bacia do Rio São Francisco.

Paulo Choji Kitamura

Chefe-Geral da Embrapa Meio Ambiente

Sumário

Introdução.....	12
Localização da área de estudo	13
Referências.....	16

CAPÍTULO 1

Considerações Gerais à Classificação e Monitoração de Qualidade de Água.....	17
Luiz Carlos Hermes; Elisabeth Francisoni Fay; Célia Maria Maganhotto de Souza Silva; Ênio Farias de França e Silva	
1.1. Classificação da água	17
1.2. Disponibilidade e poluição dos recursos hídricos	20
1.3. Monitoração da água e indicadores	22
1.4. Padrões.....	23
1.5. Índice.....	27
1.5.1. Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	27
1.6. Importância do uso de componentes ambientais de sustentabilidade	27
1.6.1. Componentes físico-químicos.....	28
Cor	28
Turbidez	29
Odor e sabor	30
Temperatura.....	31
Oxigênio Dissolvido (OD).....	31
pH e alcalinidade	32
Dureza.....	33
Condutividade Elétrica.....	34
Material em Suspensão	34
Compostos de Nitrogênio e Fósforo	35
Metais Pesados.....	37
Agrotóxicos	37
1.6.2. Componentes biológicos.....	38
Grupo dos coliformes.....	38
Comunidade planctônica	39
Clorofila	39
1.7. Considerações Finais	40
1.8. Referências.....	40

CAPÍTULO 2

Aspectos Metodológicos do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água.....	42
Cláudio César de Almeida Buschinelli; Aderaldo de Souza Silva; Luiz Carlos Hermes	
2.1. Base Conceitual	42
2.2. Considerações metodológicas.....	44
2.2.1. Perfil Ecológico	45
2.2.2. Perfil econômico	47
2.2.3. Perfil social	48
2.3. Tratamento Geral da Informação	48
2.3.1. Fatores que interferem na qualidade da água e unidades geográficas do estudo	48
2.3.2. Análise Estatística.....	51
2.3.2.1. Análise Multivariada.....	51
2.3.2.1.1. Análise Fatorial	51
2.3.2.1.2. Análise de Agrupamento	52
2.3.3. Processamento das Informações em Sistemas de Informação Geográfica – SIG	53
2.4. Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA).....	55
2.5. Considerações Finais	56
2.6. Referências.....	56

CAPÍTULO 3

Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL)	59
Luiz Carlos Hermes; Cláudio César de Almeida Buschinelli; Ronalton Evandro Machado; Célia Maria Maganhotto de Souza Silva; Elisabeth Francisconi Fay	
3.1. Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT).....	59
3.2. Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT).....	62
3.3. Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT).....	64
3.4. Índice de Degradação Ambiental Potencial (IDA_SAT).....	66
3.5. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Superficiais (IQU_ASUP).....	69
3.6. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas (IQU_ASUB).....	80
3.7. Índice de Carga Potencial de Agrotóxicos da Fruticultura Irrigada (ICA_FRUT).....	82
3.8. Índice do Déficit Hídrico (IDE_BHID).....	84
3.9. Índice de Qualidade Ambiental das Fontes de Água (IQA_FONTE).....	87
3.10. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL).....	91
3.11. Considerações Finais.....	95
3.12. Referências.....	96

CAPÍTULO 4

Índice do Perfil Social e do Perfil Econômico (IP_SOCI e IP_ECON)	97
Izilda Aparecida Rodrigues; Aderaldo de Souza Silva; Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro; Célia Maria Maganhotto de Souza Silva	
4.1. Índice do Perfil Social - IP_SOCI.....	98
4.1.1. Qualificação dos quatro Fatores resultantes no Perfil Social.....	99
4.2. Índice do Perfil Econômico - IP_ECON.....	104
4.2.1. Qualificação dos quatro Fatores resultantes no Perfil Econômico.....	104
4.3. Considerações Finais.....	110
4.4. Referências.....	110

ANEXOS

1. Indicadores e variáveis do perfil econômico: sustentabilidade do uso da água no Submédio São Francisco.....	113
2. Indicadores e variáveis do perfil social: sustentabilidade do uso da água no Submédio São Francisco.....	119

CAPÍTULO 5

Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA)	124
Aderaldo de Souza Silva; Cláudio César de Almeida Buschinelli; Luiz Carlos Hermes; Elisabeth Francisconi Fay; Célia Maria Maganhotto de Souza Silva; Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro; Izilda Aparecida Rodrigues	
5.1. Matriz multivariada de análise causal	129
5.2. Co-validação do ISA_ÁGUA	133
5.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	133
5.2.2. Estudo Comparativo IDH Versus ISA_ÁGUA	137
5.3. Considerações Finais	139
5.4. Referências	139

CAPÍTULO 6

Metodologia para o Monitoramento da Qualidade das Águas em Bacias Hidrográficas Utilizando o ISA_ÁGUA e a Participação Comunitária	140
Luiz Carlos Hermes; Elisabeth Francisconi Fay; Ênio Farias de França e Silva	
6.1. Abordagem metodológica	141
6.1.1. Treinamento de Agentes Voluntários para cadastro de corpos de água	144
6.1.2. Treinamento de Agentes de Água Voluntários (AAVs) para o monitoramento da qualidade da água	144
6.1.3. Proposta de monitoramento para o uso sustentável da água	149
6.2. A formação da rede (capilaridade).....	153
6.3. Sistema de informação ambiental do uso da água (SIAM_ÁGUA).....	156
6.4. Considerações Finais	156
6.5. Referências	156

Introdução

A água é um dos recursos preponderantes para a determinação da condição de vida das populações da região semi-árida nordestina. Entretanto, o baixo nível socioeconômico característico da região como um todo, em especial no que se refere à saúde e educação, resulta em um padrão de exploração do meio ambiente freqüentemente além da capacidade de suporte, causando impactos negativos sobre a biodiversidade e sobre os recursos naturais que são a própria base de sobrevivência, num ciclo vicioso de pobreza e degradação ambiental (Rebouças, 1996).

O meio rural, marginalizado durante anos por uma atenção socioeconômica muito mais centralizada no âmbito urbano, está frágil frente ao agravamento das fontes causadoras de impactos ambientais negativos: depósitos de lixos incontrollados, contaminação dos rios, escoamento excessivo de águas residuais e de resíduos agro-industriais, afloramento de lençóis freáticos com águas salinas, contaminação da água de abastecimento para consumo humano e animal, salinização dos solos, entre outros (Silva, 1997).

A qualidade da água do Semi-Árido é afetada essencialmente pelos resíduos urbanos ribeirinhos nos grandes reservatórios (barragens, açudes e lagos) e pelos resíduos das atividades de mineração, agroindustriais e agrícolas irrigadas ao longo dos seus limites. Os produtos dessas atividades apresentam as seguintes categorias de contaminação: metais pesados, óleos, agrotóxicos, detergentes, objetos sólidos e fertilizantes químicos entre outros. Os sistemas de produção intensivos elevam a necessidade de uso de agroquímicos, aumentando os níveis de nitrato, fosfato e as concentrações residuais dos agrotóxicos, ou de seus metabólitos resultantes de processos de biodegradação desses compostos, que por sua vez, podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (salinização, contaminação por agroquímicos, eutrofização, etc.). Em decorrência desse desbalanceamento no equilíbrio natural da área, ocorrem modificações na microflora do solo e alterações no ciclo da matéria orgânica, com efeitos na relação carbono/nitrogênio (C/N) e na capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, assim como favorecimento de fluxos preferenciais para os processos de lixiviação e de escoamento superficial, devido ao manejo inadequado dos recursos hídricos e do próprio solo, afetando a qualidade da água para consumo. A deriva de agrotóxicos, ocorrida durante o processo de aplicação dos produtos, diminui a eficiência da aplicação, além de comprometer a qualidade da flora e da fauna nativas, assim como da água local e de outras regiões, sem falar da própria saúde do trabalhador rural e de comunidades vizinhas (contaminação indireta). Estas categorias de contaminação causam efeitos negativos aos recursos naturais e à saúde humana, bem como impedimentos para a exploração da agricultura irrigada e para a agroindústria. O desenvolvimento agroindustrial e os agroecossistemas, que dependem de suprimentos de água de qualidade, também se encontram comprometidos, resultando na aceleração das desigualdades socioeconômicas intra-regionais, evidenciando-se já alguns processos de degradação dos recursos naturais. A ocorrência dessas condições não tem sido efetivamente estudada no Semi-Árido nordestino, em grande parte, pela falta de aplicação de métodos científicos apropriados às características locais, que permitam uma avaliação e um esquema de monitoramento eficaz da qualidade de água. A qualidade das águas subterrânea e superficial não pode ser vista de forma isolada, uma vez que essas duas fontes encontram-se fortemente relacionadas entre si (Rodier, 1990; Rey Beneyas, 1991).

A má distribuição espaço-temporal das águas superficiais e subterrâneas para consumo humano no meio rural do Semi-Árido brasileiro é um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria na qualidade de vida da população. Nesta região, é comum encontrar homens e animais partilhando da mesma fonte de água, comprometendo não só a qualidade da água, com sérios riscos para a saúde, como também agravando o problema da disponibilidade pela competição que se estabelece. As maiores fontes hídricas disponíveis se encontram nos rios perenes e perenizados, lagos, poços tubulares e nas barragens localizadas em diferentes estados da região, as quais também destinam grandes volumes de água para a irrigação. As atividades agroindustriais, industriais e os efluentes urbanos, se não manejados adequadamente, podem trazer sérios riscos à água utilizada para o consumo humano e animal e ao meio ambiente. A possibilidade de que haja contaminação na matriz solo, água e planta e no próprio homem, tem provocado grandes preocupações na população nordestina.

Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio São Francisco está dividida em quatro sub-regiões: o *Alto São Francisco*, que compreende o trecho desde a nascente na Serra da Canastra até a confluência com o rio das Velhas no Estado de Minas Gerais; o *Médio São Francisco*, desde a foz do rio das Velhas até a cidade de Remanso no Estado da Bahia; o *Submédio São Francisco*, da cidade de Remanso até a barragem de Paulo Afonso na Bahia; e o *Baixo São Francisco*, situado entre Paulo Afonso e o oceano Atlântico, entre os estados de Sergipe e Alagoas. Esta bacia abrange uma superfície de 640.000 km², equivalente a 7,5% da área das bacias hidrográficas brasileiras (Fig. 1), e está compreendida entre as latitudes 7° 00' e 21° 00' S e longitudes 35° 00' e 47° 40' W. Possui uma extensão de 2.700 km, com vazão média anual de 3.360 m³ s⁻¹, volume médio anual de 106 km³ e uma drenagem de 631.000 km², sendo o rio São Francisco o mais importante da bacia. O rio São Francisco possui 36 tributários, dos quais apenas 19 são perenes.

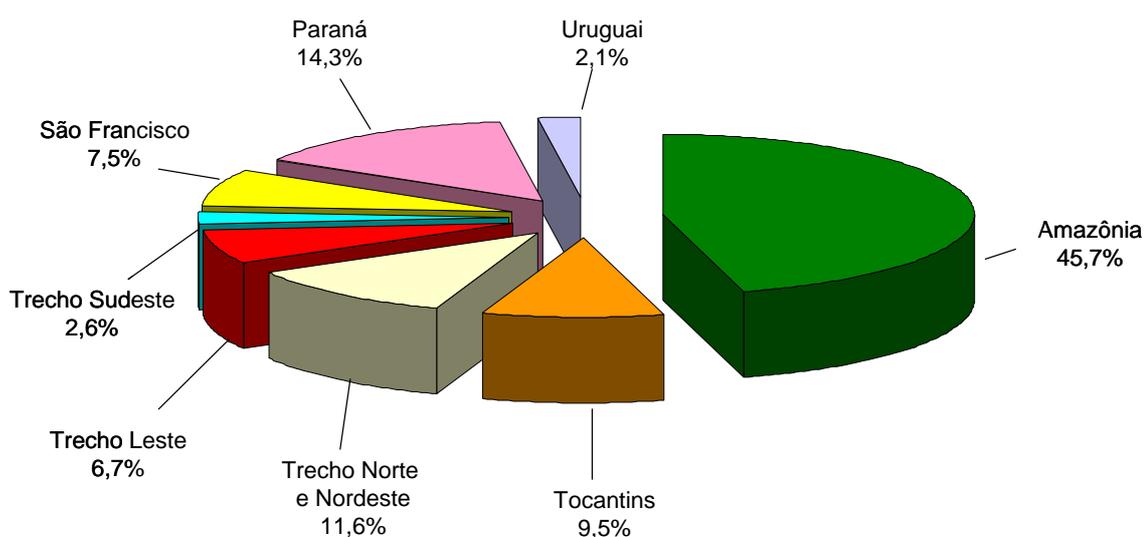


Fig. 1. Áreas das bacias hidrográficas no Brasil (em %) (Fonte: ÁGUA...2004)

A Agência Nacional de Águas (ANA), em seu planejamento estratégico, incluiu esta bacia como prioritária com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos de que trata a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

O Projeto "Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco" (Projeto São Francisco - ANA/GEF/PNUMA/OEA), por meio de vários estudos integrados, buscou desenvolver um Programa de Gestão para esta bacia. A contribuição do subprojeto 1.4 - "Desenvolvimento de um sistema de monitoramento da qualidade da água na região do Submédio São Francisco - Ecovale", sob a coordenação da Embrapa Meio Ambiente, ao Projeto São Francisco foi o aporte de uma metodologia pioneira, visando a construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA). O ISA_ÁGUA teve o suporte financeiro da Organização dos Estados Americanos (OEA), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), "Global Environmental Facility" (GEF), Agência Nacional de Águas (ANA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), além da colaboração e apoio logístico da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e das Secretarias de Agricultura municipais localizadas na área de estudo.

A escolha da região do submédio São Francisco (Fig. 2), para este estudo, foi devida à importância dos impactos ambientais provenientes do complexo agroindustrial localizado nesta região, à emissão significativa de efluentes urbanos lançados por uma população ribeirinha concentrada, em torno de 2 milhões e quinhentas mil pessoas e à relevância estratégica da necessidade de implementação de um programa de qualidade ambiental de apoio à agricultura irrigada intensiva, explorada com fins de exportação de frutas *in natura*. Além disso, também foi considerada a possibilidade de extrapolação dos resultados para outras bacias hidrográficas.

A sustentabilidade ambiental do uso da água foi definida, neste trabalho, como uma medida dos mecanismos de gestão, controle e monitoramento da qualidade das águas, por bacia ou municípios, com base no conceito de desenvolvimento sustentável. O ISA_ÁGUA permite mensurar a situação média de uma unidade geográfica de referência, num dado momento, nos três perfis do meio ambiente: ecológico, econômico e social. Estes são integrados ao final, com a finalidade de demonstrar qualitativa e quantitativamente a performance dos indicadores na forma de mapas temáticos contendo o zoneamento das unidades geográficas de análise. Tal procedimento auxiliará a tomada de decisão para políticas públicas, bem como poderá sugerir os mais adequados pontos ou estações de amostragem e de monitoramento da qualidade das águas de usos múltiplos.

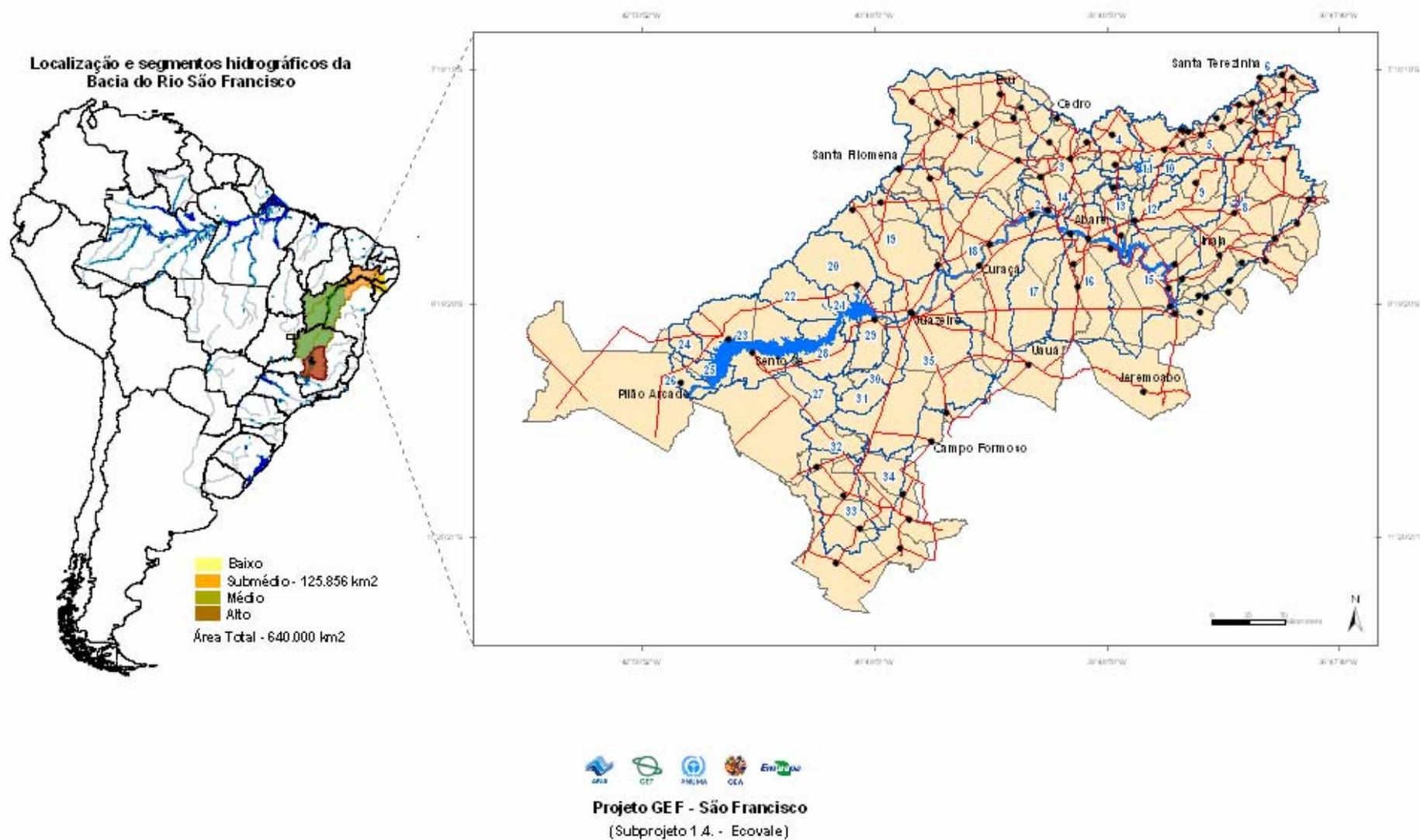


Fig. 2. Mapa da localização geral da área de estudo na região do Submédio São Francisco, abrangendo parte dos estados da Bahia e Pernambuco.

Referências

ÁGUA no planeta. Disponível em:

<<http://www.uniagua.org.Br/default.asp?pp=38p=aguaplaneta.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

REBOUÇAS, A. C. A transposição do Rio São Francisco sob o prisma do desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ESPECIAL DA SBPC, 4., 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1996. p. 79-84.

REY BENEYAS, J. M. **Águas subterrâneas y ecología**: ecosistemas de descarga de acuíferos en los arenales. Madrid: ICONA, 1991. 141 p.

RODIER, J. **Análisis de las aguas**: aguas naturales, aguas residuales y agua del mar. Barcelona: Ediciones Omega, 1990. 1057 p.

SILVA, A. de S. **Impacto ambiental del uso de los recursos suelo y agua en áreas agrícolas bajo riego**: estudio aplicado a zonas áridas brasileñas y españolas. 1997. 217 p. Tesis (Doctorado) - Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior de Ingenieros Agronomos, Departamento de Edafología, Madrid, 1997.

Considerações Gerais à Classificação e Monitoração de Qualidade da Água

Luiz Carlos Hermes
Elisabeth Francisconi Fay
Célia Maria Maganhotto de Souza Silva
Ênio Farias de França e Silva

1.1. Classificação de água

O ciclo hidrológico é o processo de transporte de massa que ocorre na atmosfera, na terra e nos oceanos (Reichardt, 1985), havendo alterações na qualidade da água durante este ciclo, em razão das inter-relações dos componentes do ambiente. Os recursos hídricos são influenciados pelo uso para o suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias e da agricultura e pelas alterações dos solos urbano e rural. A classificação da água é limitada pelo tipo de uso, que pressiona a disponibilidade pela quantidade existente e pela qualidade apresentada. A Tabela 1.1 apresenta a classificação sistemática dos usos da água, explicitando algumas características (Barth, 1978).

As quantidades e a natureza dos constituintes presentes na água variam, principalmente, em função da natureza do solo de onde são originários, das condições climáticas e do grau de poluição. Uma análise completa da água natural indicaria a presença de mais de 50 constituintes, que poderiam estar dissolvidos ou em suspensão. Esses, em geral, são sais dissolvidos ionizados, gases, compostos orgânicos, matéria em suspensão, incluindo microrganismos e matéria coloidal, entre outros (Setti, 1996).

O Governo Brasileiro, através do Conselho Nacional de Meio Ambiente — CONAMA, fixou pela Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, nove classes para as águas superficiais brasileiras, sendo cinco para águas doces, duas para as águas salinas e duas para as águas salobras (Brasil, 1986). Na Resolução, as águas salobras são diferenciadas das águas salinas em função do teor de sais dissolvidos, expresso em partes por milhão (ppm), isto é, miligramas por litro (mg L^{-1}), ou em partes por mil (‰), isto é, grama por litro (g L^{-1}). Foram consideradas para fins de classificação, águas salobras como aquelas com salinidade $\geq 0,5$ partes por mil (‰) e < 30 ‰. E águas salinas como aquelas com salinidade ≥ 30 partes por mil (‰). De acordo com Ayers & Westcot (1985), a salinidade traduz o teor de sais dissolvidos ou em suspensão, dentre os quais podem-se destacar os cloretos de sódio, magnésio e cálcio, os sulfatos de magnésio, potássio e cálcio e os carbonatos e nitratos de cálcio e magnésio.

Tabela 1.1. Usos da água

Forma	Finalidade	Tipo de uso	Uso consuntivo	Requisito de Qualidade	Efeitos nas águas
Com derivação de águas	Abastecimento urbano	Abastecimentos: doméstico, industrial, comercial e público	Baixo, de 10% sem contar as perdas nas redes	Altos ou médios, influenciando no custo do tratamento	Poluição orgânica e bacteriológica
	Abastecimento industrial	Sanitário, de processo, incorporação ao produto, refrigeração e geração de vapor	Médio, de 20% variando com o tipo de uso e de indústria	Médios, variando com o tipo de uso	Poluição orgânica, substâncias tóxicas e elevação de temperatura
	Irrigação	Irrigação artificial de culturas agrícolas segundo diversos métodos	Alto, de 90%	Médios dependendo do tipo de cultura	Carreamento de agrotóxicos e fertilizantes
	Abastecimento	Doméstico, dessedentação de animais	Baixo de 10%	Médios	Alterações na qualidade com efeitos difusos
	Aqüicultura	Estações de piscicultura e outras	Baixo, de 10%	Altos	Carreamento de matéria orgânica
Sem derivação de águas	Geração hidrelétrica	Acionamento de turbinas hidráulicas	Perdas por evaporação do reservatório	Baixos	Alterações no regime e na qualidade das águas
	Navegação fluvial	Manutenção de calados mínimos e eclusagem	Não há	Baixos	Lançamento de óleo e combustíveis
	Recreação, lazer e harmonia paisagística	Natação e outros esportes com contato direto, iatismo, motonáutica	Lazer contemplativo	Não há	Altos, especialmente recreações de contato primário
	Pesca	Com fins comerciais de espécies naturais ou introduzidas através de estações de piscicultura	Não há	Altos, nos corpos de água, correntes, lagos ou reservatórios artificiais	Alterações na qualidade após mortandade de peixes
	Assimilação de esgotos	Diluição, autodepuração e transporte de esgotos urbanos e industriais	Não há	Não há	Poluições: orgânica, física, química e bacteriológica
	Usos de preservação	Vazões para assegurar o equilíbrio ecológico	Não há	Não há	Melhoria da qualidade da água

Fonte: Barth, 1978.

A seguir, lista-se a qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) do território nacional (Brasil, 1986):

ÁGUAS DOCES

I - Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III - Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho) ;
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - águas destinadas:

- a) à navegação;
 - b) à harmonia paisagística;
 - c) aos usos menos exigentes.
-

ÁGUAS SALINAS

VI - Classe 5 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
 - b) à harmonia paisagística;
 - c) à recreação de contato secundário.
-

ÁGUAS SALOBRAS

VIII - Classe 7 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
 - b) à harmonia paisagística;
 - c) à recreação de contato secundário
-

Os corpos de água podem ser totalmente caracterizados por três grandes componentes: hidrológico, físico-químico e biológico. Uma avaliação completa da qualidade da água é baseada na monitoração apropriada destes componentes.

1.2. Disponibilidade e poluição dos recursos hídricos

Os múltiplos usos da água são indispensáveis a um amplo espectro das atividades humanas, onde se destacam o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática. A crescente expansão demográfica e industrial observada nas últimas décadas tem como conseqüência o comprometimento da qualidade das águas dos rios, lagos e reservatórios. A falta de recursos financeiros nos países em desenvolvimento tem agravado este problema pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas para reverter esta situação.

A disponibilidade de água doce (2,5%) é limitada na natureza; 2,49% são encontrados em geleiras ou regiões subterrâneas (aqüíferos) de difícil acesso e 0,007% são encontrados em rios, lagos e na atmosfera, de fácil acesso para consumo humano. Conseqüentemente, devem ser consideradas as prioridades preservação, o controle e a utilização racional das águas doces superficiais. Além disso, é alto o custo de obtenção de água doce a partir de formas não convencionais, como é o caso da água do mar (97,50%) e das águas salobras.

O suprimento de água potável em algumas regiões do Brasil depende de fontes subterrâneas. As águas subterrâneas brasileiras estão estimadas em um volume de 112 mil km³. O aqüífero Guarani é a maior reserva de água subterrânea brasileira com uma área de 1,2 milhões de km² e um volume de 48 mil km³. Com 70% dentro do território brasileiro e o restante na Argentina, Paraguai e Uruguai, o aqüífero pode oferecer, em regime auto-sustentável, 43 bilhões de m³ anuais, o suficiente para uma população de 500 milhões de habitantes. O problema é que 16% da área de recarga desse aqüífero está localizada no Estado de São Paulo, em áreas críticas quanto aos riscos de poluição.

A disponibilidade da água tornou-se limitada pelo comprometimento de sua qualidade. A situação é alarmante: 63% dos depósitos de lixo no país estão próximos a rios, lagos e restingas. Na região metropolitana de São Paulo, metade da água disponível está afetada pelos lixões que não têm qualquer tratamento sanitário. No Rio de Janeiro, diminuiu-se a oferta de água para fins de uso doméstico e industrial devido à poluição crescente por esgoto urbano. A Região Norte, que tem a maior reserva de água doce do Brasil, é a que mais contamina os recursos hídricos despejando agrotóxicos, mercúrio dos garimpos e lixo bruto nos rios. A Região Nordeste tem o potencial médio de água doce nos rios (186,2 km³ ano⁻¹) representando apenas 3% do total nacional, e é, relativamente, o mais baixo no Brasil. Por sua vez, essa Região é populosa, resultando numa disponibilidade social de água doce nos rios de 4.384 m³ hab⁻¹ ano⁻¹. Entretanto, têm-se aproximadamente 20.000 km³ de água doce subterrânea nos aqüíferos que ocorrem sob cerca de 50% da sua área. Vale salientar, todavia, que este valor é quase o dobro dos encontrados na maioria dos países mais desenvolvidos da União Européia, e de aproximadamente 12 vezes o que dispõe um israelense - 370 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ (Rebouças, 1994 e 1996). Entretanto, a distribuição

espaço-temporal destes recursos não é uniforme, principalmente na região semi-árida (Polígono das Secas), onde as precipitações pluviométricas são inferiores a 800 mm ano⁻¹.

As fontes de poluição da água incluem efluentes municipais e industriais, sistema de fossas residenciais, reservatórios ativos e abandonados de óleos e gases, minas de carvão e mineral ativas e inativas, tanques subterrâneos para armazenamento de gasolina, tanto ativos quanto inativos, além de uma vasta quantidade de agrotóxicos, fertilizantes e óleos para motores, descartados erroneamente. Segundo Csuros & Csuros (1999), a qualidade da água superficial e subterrânea, tanto dos mares quanto de rios e lagoas, é progressivamente prejudicada por esses poluentes, os quais podem ser assimilados por organismos aquáticos da cadeia alimentar que se ajustam às mudanças na qualidade da água. A Tabela 1.2 resume os efeitos da poluição da água.

Tabela 1.2. Efeitos da poluição da água

Poluente	Efeitos	Observações
Resíduos orgânicos.	Aumento da DBO na água.	Se o oxigênio está disponível, estas substâncias podem ser degradadas por microrganismos. Se o oxigênio diminui, a decomposição é limitada aos decompositores anaeróbios.
Organismos patogênicos.	Causam enfermidades.	A maioria dos agentes bacterianos é bem controlada na água para consumo humano, mas os vírus, principalmente, os causadores de hepatite, não têm controle.
Compostos inorgânicos e minerais.	Aumentam a salinidade e acidez da água, tornando-a tóxica.	Algumas moléculas podem ser removidas durante o tratamento dos efluentes.
Compostos orgânicos sintéticos (agrotóxicos, detergentes, plásticos e outros resíduos).	Causam defeitos no recém-nascido, câncer, provocam dano ao sistema nervoso, e outras enfermidades.	Estas substâncias são raramente biodegradáveis, podendo ser removidas por meios físicos e químicos. Ocorre biomagnificação de seus efeitos via cadeia alimentar.
Nutrientes de plantas.	Crescimento excessivo de plantas aquáticas, odor indesejável e gosto na água para consumo humano.	A remoção do excesso de fosfatos e nitratos da água, durante o tratamento, é caro e difícil.
Sedimentos provenientes da erosão do solo.	Assentamento de curso de água e destruição de equipamentos hidroelétricos próximos a barragens; reduzem a luz que chega às plantas e o oxigênio na água.	Os efeitos podem sofrer biomagnificação via cadeia alimentar.
Resíduos radioativos.	Câncer e defeitos ao nascer.	
Aquecimento da água.	Reduz a solubilidade do oxigênio em água, altera o habitat e espécies de organismos.	

Fonte: Csuros & Csuros (1999).

Segundo dados do IBGE de 1999, 70,9% dos brasileiros possuem residência. Desse total, apenas 75% dispõem de água potável e 59% de rede de esgoto; 94% dos esgotos não são tratados e 80% das doenças são causadas ou disseminadas pela falta de saneamento. A água de

má qualidade pode ser fatal. A cada ano as doenças provocadas por ela causam 3 milhões de mortes no mundo, na maioria crianças, atingindo mais de 1 bilhão de enfermos (Água...2004).

No Brasil, além dos problemas de poluição dos reservatórios naturais e dos processos desordenados de urbanização e industrialização, há também o desperdício em função das más condições das tubulações e o desperdício doméstico. A boa gestão da água deve ser objeto de um plano que contemple os múltiplos usos desse recurso, desenvolvendo e aperfeiçoando as técnicas de utilização, tratamento e recuperação dos mananciais.

1.3. Monitoração da água e indicadores

A razão principal para avaliação de um ambiente aquático é a necessidade de verificar a qualidade da água e se esta é adequada para o uso pretendido. A monitoração verifica a tendência da qualidade do ambiente aquático e como este é afetado pelas atividades antrópicas.

Para fazer a monitoração, são aplicados atualmente vários métodos físicos, químicos e o uso de bioindicadores - espécies de insetos aquáticos, moluscos, crustáceos, plâncton e até algumas de peixes que costumam viver em determinados locais, com hábitos específicos e que reagem a qualquer tipo de mudança no seu habitat. Essas reações podem ser físicas, morfológicas ou até mesmo comportamentais (Poluição...2004).

Os dois primeiros métodos indicam a qualidade da água em determinado ponto, e refletem a sua qualidade no momento em que a amostra é coletada. Geralmente, há a utilização de equipamentos caros e sofisticados. Já o uso de bioindicadores para a avaliação de alguns parâmetros específicos apresenta custos mais baixos.

O monitoramento dos indicadores de qualidade das águas permite definir suas características no período de análises e fornecer as bases para detectar as tendências e informações capazes de estabelecer as relações causa-efeito. Devido à complexidade de fatores que determinam a qualidade da água e a escolha de variáveis usadas para descrever o estado do corpo de água em termos quantitativos, é difícil simplesmente definir qualidade da água. Além disso, o conceito de qualidade está relacionado à expansão das características para os diferentes usos da água e da capacidade de determinação das variáveis e de interpretá-las de forma isolada e conjunta.

A qualidade física e química das águas pristinas deve ser como a dos tempos pré-históricos, isto é, sem sinais de impactos antropogênicos. As concentrações naturais podem variar em uma ou mais ordens de magnitude entre as diferentes bacias de drenagem. Na prática, estas águas são difíceis de se encontrar devido ao resultado dos diferentes processos de transporte dos contaminantes e sua subsequente deposição em locais bem distantes de sua origem. Antes das águas pristinas alcançarem a condição de poluídas, ocorrem duas fases na degradação em sua qualidade. A primeira fase mostra uma alteração com evidência do impacto humano, mas sem nenhum perigo para a biota ou restrição ao uso da água. Estas modificações somente podem ser detectadas por monitoração das características químicas ao longo do tempo. Como exemplo, pode ser citada a concentração de Cl^- no lago Geneva que aumentou de 2 mg L^{-1} , em 1960, para 6 mg L^{-1} em 1992 (Chapman, 1992). A segunda fase consiste em alguma degradação e possível

restrição para uso específico, porque foram ultrapassados os valores recomendados (local, regional ou global) em função do uso, para a qualidade desta água. Uma vez que a concentração máxima aceitável para uma variável selecionada em relação à água foi excedida, ou que o ambiente aquático e a biota sofreram grande modificação, esta água é normalmente definida como poluída.

A descrição da qualidade do ambiente aquático pode ser feita de diversas maneiras. Pode ser descrita mediante medidas quantitativas, como determinações físico-químicas (na água, material particulado ou tecido biológico) e testes biológicos/bioquímicos (medida da demanda biológica de oxigênio (DBO), testes de toxicidade, entre outros), ou por meio de descrições semiquantitativas e qualitativas, como índice biótico, aspecto visual, inventário de espécies, odor, entre outros. Os bioindicadores usados com maior frequência são os chamados "macroinvertebrados bentônicos", ou seja, são aqueles que habitam o fundo dos sistemas aquáticos e podem ser facilmente visualizados, tais como: os besouros aquáticos, libélulas e as moscas de pedra. A libélula, por exemplo, vive em locais de água lenta, junto à vegetação aquática; e os besouros habitam locais onde tem água corrente e limpa, com altas concentrações de oxigênio. Outros organismos indicam que determinada água é de má qualidade, a exemplo das moscas e mosquitos que gostam de locais com alta concentração de matéria orgânica e das minhocas da água que vivem no fundo, em águas correntes ou paradas.

Estas determinações podem ser feitas no campo e em laboratório, produzindo diversos tipos de dados que podem ser utilizados em diferentes técnicas de avaliação.

1.4. Padrões

Os padrões de qualidade das águas são as características de ordem física, química e biológica, desejáveis nas águas, em função dos usos preponderantes estabelecidos por normas definidas pela sociedade. Usos preponderantes são os usos benéficos determinados para um certo corpo de água. Os usos benéficos são os que promovem benefícios econômicos e/ou o bem estar e a boa saúde da população.

Por exemplo, a água potável ou água para consumo humano é definida como a água distribuída ao consumidor que pode ser usada com segurança para beber, cozinhar e lavar. O controle de saúde pública ajuda a garantir um suprimento contínuo de água, mantendo-a dentro dos limites de segurança de acordo com os padrões atualizados para água de consumo humano. Em outras palavras, a água potável precisa satisfazer parâmetros físicos, químicos, biológicos e radioativos quando fornecida por fontes apropriadas, sendo distribuída ao consumidor por meio de um sistema de distribuição protegido, em quantidade e pressão suficientes.

Cada classe de água, portanto, é definida e qualificada por padrões de qualidade. Como o presente documento refere-se às águas doces, o interesse recai nas águas que, segundo a Resolução nº 20 do CONAMA podem ser enquadradas nas classes especial e de 1 a 4. Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

- f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- g) DBO₅ a 20°C até 3 mg L⁻¹ O₂;
- h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg L⁻¹ O₂;
- i) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt L⁻¹;
- l) pH: 6,0 a 9,0;
- m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos: (Tabela 1.3)):

Tabela 1.3. Limites estabelecidos para os padrões relativos às águas de Classe 1

Padrão	Limite	Padrão	Limite
Alumínio:	0,1 mg Al L ⁻¹	Sólidos dissolvidos totais:	500 mg L ⁻¹
Amônia não ionizável:	0,02 mg L ⁻¹ NH ₃ .	Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno :	0,5 mg L ⁻¹ LAS 250 mg L ⁻¹ SO ₄
Arsênio:	0,05 mg L ⁻¹ As	Sulfatos:	0,002 mg L ⁻¹ S
Bário:	1,0 mg L ⁻¹ Ba.	Sulfetos (como H ₂ S não dissociado):	0,01mg L ⁻¹ SO ₄ 0,03 mg L ⁻¹
Berílio	0,1 mg L ⁻¹ Be	Tetracloroetano:	0,01 mg L ⁻¹
Boro:	0,75 mg L ⁻¹ B	Tricloroetano:	0,02 mg L ⁻¹
Benzeno :	0,01 mg L ⁻¹	Tetracloroeto de carbono:	0,1 mg L ⁻¹
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg L ⁻¹	2, 4, 6 triclorofenol:	0,18 mg L ⁻¹
Cádmio:	0,001 mg L ⁻¹ Cd	Urânio total:	0,01 mg L ⁻¹ U
Cianetos:	0,01 mg L ⁻¹ CN	Vanádio:	0,04 mg L ⁻¹ Va
Chumbo:	0,03 mg/1 Pb	Zinco:	0,002 mg L ⁻¹ Zn
Cloretos:	250 mg L ⁻¹ Cl	Aldrin:	0,005 ug L ⁻¹
Cloro Residual:	0,01 mg L ⁻¹ Cl	Clordano:	0,004 ug L ⁻¹
Cobalto:	0,2 mg L ⁻¹ Co	DDT;	0,056 ug L ⁻¹
Cobre:	0,02 mg L ⁻¹ Cu	Dieldrin:	0,01 ug L ⁻¹
Cromo Trivalente:	0,5 mg L ⁻¹ Cr	Endrin:	0,01 ug L ⁻¹
Cromo Hexavalente:	0,05 mg L ⁻¹ Cr	Endossulfan:	0,02 ug L ⁻¹
1,1 dicloroetano :	0,0003 mg L ⁻¹	Epóxido de heptacloro:	0,03 ug L ⁻¹
1,2 dicloroetano:	0,01 mg L ⁻¹	Heptacloro:	0,001 ug L ⁻¹
Estanho:	2,0 mg L ⁻¹ Sn	Lindane (gama-BHC)	0,001 ug L ⁻¹
Índice de Fenóis:	0,001 mg L ⁻¹ C ₆ H ₅ OH	Metoxicloro:	0,01 ug L ⁻¹
Ferro solúvel:	0,3 mg L ⁻¹ Fe	Dodecacloro + Nonacloro:	0,1 ug L ⁻¹
Fluoretos:	1,4 mg L ⁻¹ F	Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,005 ug L ⁻¹ (0,1 ug L ⁻¹)
Fosfato total:	0,025 mg L ⁻¹ P	Toxafeno:	0,04 ug L ⁻¹
Lítio:	2,5 mg L ⁻¹ Li	Demeton:	0,02 ug L ⁻¹
Manganês:	0,1 mg L ⁻¹ Mn	Gution:	10,0 ug L ⁻¹ em Paration
Mercúrio:	0,0002 mg L ⁻¹ Hg	Malation:	4,0 ug L ⁻¹
Níquel:	0,025 mg L ⁻¹ Ni	Paration:	10,0 ug L ⁻¹
Nitrato:	10 mg L ⁻¹ N	Carbaril:	2,0 ug L ⁻¹
Nitrito:	1,0 mg L ⁻¹ N	Compostos organofosforados e carbamatos totais:	
Prata:	0,01mg L ⁻¹ Ag	2,4 - D:	
Pentaclorofenol:	0,01 mg L ⁻¹	2,4,5 - TP:	
Selênio:	0,01mg L ⁻¹ Se	2,4,5 - T:	

Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

- a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- b) coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 da Resolução nº 20 do CONAMA. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- c) cor: até 75 mg Pt L⁻¹
- d) turbidez: até 100 UNT;
- e) DBO₅ a 20°C até 5 mg L⁻¹ O₂;
- f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg L⁻¹ O₂.

Para as águas de Classe 3 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- g) DBO₅ a 20°C até 10 mg L⁻¹ O₂;
- h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg L⁻¹ O₂;
- i) turbidez: até 100 UNT;
- j) cor: até 75 mg Pt L⁻¹;
- l) pH: 6,0 a 9,0;
- m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos (Tabela 1.4)):

Tabela 1.4. Limites estabelecidos para os padrões relativos às águas de Classe 3

Padrão	Limite	Padrão	Limite
Alumínio:	0,1 mg L ⁻¹ Al	Sólidos dissolvidos totais:	500 mg L ⁻¹
		Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno :	0,5 mg L ⁻¹ LAS 250 mg L ⁻¹ SO ₄ 0,3 mg L ⁻¹ S
Arsênio:	0,05 mg L ⁻¹ As	Sulfatos:	0,01 mg L ⁻¹
Bário:	1,0 mg L ⁻¹ Ba	Sulfatos (como H ₂ S não dissociado):	0,03 mg L ⁻¹ (0,003 mg L ⁻¹)
Berilo	0,1 mg L ⁻¹ Be	Tetracloroetano:	0,01 mg L ⁻¹
Boro:	0,75 mg L ⁻¹ B	Tricloroetano:	0,02 mg L ⁻¹
Benzeno :	0,01 mg L ⁻¹	Tetracloro de carbono:	0,1 mg L ⁻¹
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg L ⁻¹	2, 4, 6 triclorofenol:	5,0 mg L ⁻¹
Cádmio:	0,01 mg L ⁻¹ Cd	Urânio total:	0,03 ug L ⁻¹ U
Cianetos:	0,2 mg L ⁻¹ CN	Vanádio:	0,3 ug L ⁻¹ Va
Chumbo:	0,05 mg L ⁻¹ Pb	Zinco:	1,0 ug L ⁻¹ Zn
Cloretos:	250 mg L ⁻¹ Cl	Aldrin:	0,03 ug L ⁻¹
Cobalto:	0,2 mg L ⁻¹ Co	Clordane:	0,2 ug L ⁻¹
Cobre:	0,5 mg L ⁻¹ Cu	DDT;	150 ug L ⁻¹
Cromo Trivalente:	0,5 mg L ⁻¹ Cr	Dieldrin:	
Cromo Hexavalente:	0,05 mg L ⁻¹ Cr	Endrin:	
1,1 dicloroetano :	0,0003 mg L ⁻¹	Endossulfan:	
1,2 dicloroetano:	0,01 mg L ⁻¹	Epóxido de Heptacloro:	0,1 ug L ⁻¹
Estanho:	2,0 mg L ⁻¹ Sn	Heptacloro:	0,1 ug L ⁻¹
Índice de Fenóis:	0,3 mg L ⁻¹ C ₆ H ₅ OH	Lindane (gama-BHC)	3,0 ug L ⁻¹
Ferro solúvel:	5,0 mg L ⁻¹ Fe	Metoxicloro:	30,0 ug L ⁻¹
Fluoretos:	1,4 mg L ⁻¹ F	Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 ug L ⁻¹
Fosfato total:	0,025 mg L ⁻¹ P	Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 ug L ⁻¹ (5,0 ug L ⁻¹)
Lítio:	2,5 mg L ⁻¹ Li	Toxafeno:	14,0 ug L ⁻¹
Manganês:	0,5 mg L ⁻¹ Mn	Demeton:	0,005 ug L ⁻¹
Mercúrio:	0,002 mg L ⁻¹ Hg	Gution:	100 ug L ⁻¹
Níquel:	0,025 mg L ⁻¹ Ni	Malation:	35 ug L ⁻¹
Nitrato:	10 mg L ⁻¹ N	Paration:	70 ug L ⁻¹
Nitrito:	1,0 mg L ⁻¹ N	Carbaril:	100 ug L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal	1,0 mg L ⁻¹ N	Compostos organofosforados e carbamatos totais em paration:	20 ug L ⁻¹ 10 ug L ⁻¹ 2,0 ug L ⁻¹
Prata:	0,05 mg L ⁻¹ Ag	2,4 - D:	
Pentaclorofenol:	0,01 mg L ⁻¹	2,4,5 - TP:	
Selênio:	0,01mg L ⁻¹ Se	2,4,5 - T:	

Para as águas de Classe 4, são estabelecidos os limites ou seguintes condições:

- materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- odor e aspecto: não objetáveis;
- óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

- e) índice de fenóis até 1,0 mg L⁻¹ C₆H₅OH;
- f) OD superior a 2,0 mg L⁻¹ O₂, em qualquer amostra;
- g) pH: 6 a 9.

1.5. Índice

1.5.1. Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Índices de qualidade para águas têm sido amplamente usados como ferramentas para tomadas de decisão em planejamento, mas, de modo geral, qualificam as águas de abastecimento público. O IQA - Índice de Qualidade das Águas, adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), simplifica o processo de divulgação dos dados de qualidade das águas, pois incorpora nove parâmetros como sendo os mais relevantes na avaliação das águas destinadas ao abastecimento público.

A qualidade da água bruta é classificada de acordo com as faixas de valores do índice, da seguinte forma:

COR	QUALIDADE	VALOR
AZUL	ÓTIMA	80 ≤ IQA ≤ 100
VERDE	BOA	52 ≤ IQA ≤ 79;
AMARELO	ACEITÁVEL	37 ≤ IQA ≤ 51;
VERMELHO	RUIM	20 ≤ IQA ≤ 36
PRETO	PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Para o aperfeiçoamento da avaliação ambiental, e em cumprimento à Resolução SMA-65, de 13/08/98, a CETESB a partir de 1998, desenvolveu dois novos índices de qualidade de água: o IAP (Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público) e o IVA (Índice de Proteção da Vida Aquática). Como entre os usos mais importantes da água estão o abastecimento público e a preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas, esses dois índices específicos irão compor, em conjunto com o índice de balneabilidade, o IBQA (Índice Básico de Qualidade das Águas). A aplicação desses índices na rede de monitoramento irá permitir uma abordagem mais completa e fidedigna da qualidade das águas, fornecendo um instrumento importante para o controle e o gerenciamento dos recursos hídricos.

1.6. Importância do uso de componentes ambientais de sustentabilidade

A poluição das águas pode ocorrer pela adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo de água, prejudicando a utilização da mesma para usos múltiplos. É importante ressaltar a existência de duas formas distintas pelas quais as águas poluídas atingem um determinado corpo receptor (rio, baía, lago, lagoa, laguna, reservatório, aquífero subterrâneo e o mar).

A primeira, denominada fonte ou poluição pontual, refere-se à poluição decorrente de ações modificadoras localizadas. A segunda, fonte ou poluição difusa, dá-se pela ação das águas da chuva ao lavarem e transportarem os poluentes nas suas diversas formas, para os corpos receptores. A poluição difusa alcança os rios, lagoas, baías, etc., distribuída ao longo das margens, não se concentrando em um único local como é o caso da poluição pontual.

O grau de poluição das águas é medido através de características físicas, químicas e biológicas das águas, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas. De maneira geral, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água) e gases. As características químicas, nos aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas, e as biológicas, sob o ponto de vista da vida animal, vegetal e organismos unicelulares (algas).

É importante ressaltar que os resultados descritos neste trabalho foram gerados pelo Laboratório de Gestão Ambiental da Embrapa Meio Ambiente utilizando os parâmetros de qualidade de água, descritos a seguir, para melhor compreensão da utilização dos mesmos, na elaboração do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA-ÁGUA).

1.6.1. Componentes físico-químicos

Os principais parâmetros físicos de qualidade das águas são: cor, sabor, odor, turbidez, temperatura, sólidos totais dissolvidos e dureza. Os químicos, pH (acidez e alcalinidade), metais (ferro e manganês), cloretos, nitrogênio (nutriente), fósforo (nutriente), oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e micropoluentes inorgânicos como os metais pesados (zinco, cromo, cádmio, etc).

Cor

A cor da água pode variar em função de diferentes fatores, sendo consequência de substâncias nela dissolvidas. As alterações observadas são decorrentes da absorção e reflexão diferenciada da radiação solar por partículas em suspensão, substâncias em solução ou mesmo das moléculas de água (A COR...2004).

Da radiação que atinge a superfície da água, parte penetra e parte é refletida, voltando para a atmosfera. A quantidade de radiação refletida depende das condições da superfície da água (plana ou ondulada) e, principalmente, do ângulo de incidência da radiação sobre esta. Ao penetrar na coluna d'água, a radiação é submetida a profundas alterações, tanto na sua intensidade quanto na sua qualidade espectral. Estas alterações dependem de vários fatores: quantidade de material dissolvido e quantidade de material em suspensão.

Quando pura e em grandes volumes, a água é azulada; quando rica em ferro, é arroxeada; em manganês, é negra; e em ácidos húmicos, é amarelada (Zimbres, 2004). A matéria orgânica dissolvida também é responsável pela cor de chá das águas de mangues. Praias próximas a desembocaduras de rios mudam a cor da água conforme o ritmo de descarga de água doce. Assim, nos dias subseqüentes a chuvas intensas, o mar se torna marrom, indicando a presença de

muita argila em suspensão, de coloração avermelhada, trazida do solo pelos rios, formando, às vezes, uma pluma. Se por um lado a coloração marrom da água pode ser consequência da argila em suspensão, a cor esverdeada pode ser devida à presença de organismos microscópicos, que possuem clorofila-a, o fitoplâncton, que junto com outros seres compõem o plâncton (A COR...2004).

A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto. Uma unidade de cor corresponde àquela produzida por 1 mg L^{-1} de platina (Pt), na forma de íon cloroplatinato. Cuidado especial deve ser tomado na anotação do pH em que foi realizada a medida, pois sua intensidade aumenta com o pH. Da mesma forma, a cor é influenciada por matérias sólidas em suspensão (turbidez), que devem ser eliminadas antes da medida. Para águas relativamente límpidas, a determinação pode ser feita sem a preocupação com a turbidez. Neste caso, a cor obtida é referida como sendo aparente. Para ser potável, uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade. Segundo a OMS, o índice máximo permitido deve ser 20 mg Pt L^{-1} (Zimbres, 2004).

A transparência da coluna d'água pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros. Essa região da coluna d'água é denominada zona eufótica e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície.

Do ponto de vista óptico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez. Sua avaliação de maneira mais simples é feita através de um disco branco de 20 a 30 cm de diâmetro, denominado disco de Secchi. A medida é obtida mergulhando-se o disco branco no lado da sombra do barco, através de uma corda marcada. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi corresponde àquela profundidade na qual a radiação refletida do disco não é mais sensível ao olho humano. A profundidade obtida em metros é denominada transparência de disco de Secchi.

Turbidez

É a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água. Quanto maior for a quantidade de material que está em suspensão na água, mais turva ela está. As maiores fontes causadoras da turbidez são as argilas, areias, resíduos orgânicos, material mineral, detritos e plâncton. O material particulado e demais produtos agregados chegam aos corpos de água carregados pelo escoamento superficial das áreas de entorno. A forma de uso destas áreas ou o tipo de atividade nelas exercidas definirá o nível de desequilíbrio do ambiente aquático. A turbidez é uma variável extremamente importante na monitoração de microbacias hidrográficas, atuando como indicador de programas de manejo e conservação de solos nas microbacias.

As mudanças no ambiente aquático, causadas pela turbidez, podem alterar a composição do sistema de diversas maneiras. Se por exemplo, a turbidez é devido a um grande volume de sedimento em suspensão, vai ocorrer uma diminuição na penetração dos raios solares na água alterando a atividade fotossintética de macrófitas e algas sub-superficiais. Se a população de

organismos na superfície for basicamente de algas, a luz não penetra nas camadas mais profundas; e a produção primária será limitada às camadas superiores de água, favorecendo, então, a proliferação de cianobactérias produtoras de toxinas. Se, por outro lado, a turbidez ocorrer devido à maior massa de partículas orgânicas, deve ocorrer diminuição do oxigênio dissolvido, causando, em casos extremos, a morte de peixes.

A turbidez é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez. Os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT. As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (Zimbres, 2004).

Odor e sabor

Odor e sabor são duas sensações que se manifestam conjuntamente, o que torna difícil sua separação. O odor e o sabor de uma água dependem dos sais e gases dissolvidos (Tabela 1.5). O paladar humano tem sensibilidade distinta para os diversos sais, por exemplo, poucos miligramas por litro de alguns sais (ferro e cobre, por exemplo) são detectáveis, enquanto várias centenas de miligramas de cloreto de sódio não são percebidos.

Em geral, as águas subterrâneas são desprovidas de odor. Algumas fontes termais podem exalar cheiro de ovo podre devido ao seu conteúdo de H₂S (gás sulfídrico). Da mesma maneira, águas que percolam materiais orgânicos em decomposição (turfa, por exemplo) podem apresentar H₂S (Zimbres, 2004).

Tabela 1.5. Sais e gases dissolvidos na água e a respectiva sensação de sabor

Cloreto de sódio (NaCl)	Salgado
Sulfato de Sódio (Na ₂ SO ₄)	Ligeiramente salgado
Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃)	Ligeiramente salgado a doce
Carbonato de Sódio (Na ₂ CO ₃)	Amargo e salgado
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂)	Fortemente amargo
Sulfato de Cálcio (CaSO ₄)	Ligeiramente amargo
Sulfato de Magnésio (MgSO ₄)	Ligeiramente amargo em saturação
Cloreto de Magnésio (MgCl ₂)	Amargo e doce
Gás Carbônico (CO ₂)	Adstringente, picante

Fonte: (A COR...2004)

Temperatura

A temperatura é um fator que influencia a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água, bem como outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos; uma elevada temperatura faz diminuir a solubilidade dos gases.

Este parâmetro varia nos diferentes corpos de água em função de flutuações sazonais, sendo influenciado pela latitude, altitude, época do ano, hora do dia e profundidade. Essas variações acontecem de forma gradual, uma vez que a água pode absorver ou mesmo perder calor sem alterações significativas.

Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferencial em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação dos ovos. Variações de temperatura são partes do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical (Projeto...2004).

Em lagos que apresentam temperaturas uniformes em toda a coluna, a propagação do calor através de toda a massa líquida pode ocorrer de maneira bastante eficiente, uma vez que a densidade da água nessas condições é praticamente igual em todas as profundidades, sendo o vento o agente fornecedor da energia indispensável para a mistura das massas de água.

Por outro lado, quando as diferenças de temperatura geram camadas de água com diferentes densidades e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente, criando a condição de estabilidade térmica. Quando ocorre este fenômeno, o ecossistema aquático está estratificado termicamente. Os estratos formados freqüentemente estão diferenciados física, química e biologicamente.

Este componente torna-se um parâmetro muito importante no aspecto qualitativo da água, em virtude de a mesma influenciar diretamente nas diferentes atividades e processos. Os efeitos da temperatura sobre a qualidade da água são função da inter-relação entre os processos químicos, físicos e biológicos.

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. A quantidade de matéria orgânica presente nos corpos de água depende dos organismos que aí vivem, dos resíduos de plantas e animais carreados para as águas e também do lixo e dos esgotos nela jogados. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Se a quantidade de matéria orgânica for muito grande, a poluição das águas será alta e uma série de processos poderá ser alterada. A maior proliferação dos organismos acarretará maior consumo de oxigênio, ocorrendo diminuição de OD, o que provoca a mortalidade de peixes. Portanto, a determinação do OD é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica.

O nível de disponibilidade de OD na água vai depender do balanço entre a quantidade consumida por bactérias para oxidar a matéria orgânica (fontes pontuais e difusas) e a quantidade produzida no próprio corpo de água através de organismos fotossintéticos, processos de aeração natural e/ou artificial. A fotossíntese é a principal fonte de oxigênio dissolvido nos corpos de água. Durante o dia, o fitoplâncton retira o CO₂ da água e produz o O₂ de forma muito mais rápida que os consumidores conseguem retirar da água pelo processo de respiração. À noite, apesar de cessar o fornecimento de energia, continuam os processos de respiração celular que por sua vez retiram o O₂ da água e liberam o CO₂ causando um declínio do OD. Se o crescimento do fitoplâncton for muito intenso as concentrações podem atingir níveis de risco durante a noite e pela manhã. Se o balanço do nível de OD permanece negativo por tempo prolongado, o corpo de água pode tornar-se anaeróbico, gerando maus odores, crescimento de outros tipos de bactérias e morte de diversos seres aquáticos aeróbios, inclusive peixes.

a) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas. Isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg L⁻¹. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como DBO_{5,20°C}. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo de água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis.

b) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e orientando o teste da DBO. A vantagem é o tempo do teste, realizado em poucas horas, enquanto o teste da DBO requer no mínimo 5 dias (período de incubação).

O teste de Demanda Química de Oxigênio (DQO) baseia-se no fato de que todos os compostos orgânicos, com poucas exceções, podem ser oxidados pela ação de um agente oxidante forte em meio ácido. Uma das limitações, entretanto, é o fato de que o teste não diferencia matéria orgânica biodegradável e matéria orgânica não biodegradável, a primeira determinada pelo teste de DBO.

A análise da DQO é útil para detectar a presença de substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo de água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

pH e alcalinidade

O termo pH (potencial hidrogeniônico) define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, sendo a expressão da concentração de íons hidrogênio em uma solução. As medidas de

pH são importantes no fornecimento de informações a respeito da qualidade da água. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem ocasionar o desaparecimento dos seres presentes na mesma (Projeto...2004).

O pH da água é controlado pelo equilíbrio na concentração de compostos dissolvidos. Por exemplo, em águas naturais, este equilíbrio (pH 7) depende da presença de íons carbonatos, dióxido de carbono (CO_2), ácido carbônico (H_2CO_3), carbonatos e bicarbonatos (HCO_3^-) (EPA, 1999) e de outros componentes naturais, como os ácidos húmicos e fúlvicos resultantes da degradação da matéria orgânica. O valor do pH muda consideravelmente com a hora do dia em função dos processos bioquímicos que ocorrem na água. Um exemplo típico é a incidência de radiação solar na água, que desencadeia a fotossíntese, processo pelo qual as plantas verdes convertem o dióxido de carbono (CO_2) em carboidrato ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$) e oxigênio livre (O_2), usando a luz do sol como fonte de energia. Como o dióxido de carbono reage com as moléculas de água produzindo o íon hidrogênio, portanto, o pH tende para a acidez, e a remoção deste CO_2 faz com que menor número de íons de hidrogênio se formem, dando ao pH tendência de alcalinidade que se reflete no seu pico máximo à tarde. Como, durante a noite, o processo de fotossíntese é interrompido devido à falta da energia solar, as plantas não fixam mais o CO_2 , e a respiração libera novamente o CO_2 , que se acumula na água, gerando a acidez. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água.

Geralmente, um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados. A alcalinidade é a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO_2), resultantes da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica com a água. Esta variável deve ser avaliada por ser importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações (Projeto...2004).

Outros processos importantes podem ser alterados, como, por exemplo, os mecanismos sortivos que ocorrem com colóides em suspensão na água e nos sedimentos. Em pH mais ácido, pode ocorrer, por exemplo, a liberação (dessorção) dos agroquímicos dos sítios de ligação, ficando, assim, disponibilizados para serem absorvidos pelas plantas aquáticas e/ou ingeridos pelos animais. Por outro lado, a acidificação dos sistemas aquáticos inibe a atividade microbiana bentônica, reduzindo a decomposição e a ciclagem de nutrientes. Isto pode levar a uma redução de plânctons e organismos invertebrados que são vitais para a cadeia alimentar.

Dureza

É a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} , além de outros elementos como Fe, Mn, Cu, Ba, etc. Os íons de cálcio e magnésio combinam com sulfatos, cloretos, nitratos e outros, dando origem a compostos solúveis. A dissolução de minerais contendo

cálcio e magnésio (rochas calcárias) e os despejos industriais são as principais fontes de Ca^{2+} e Mg^{2+} na água.

A dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente e total, em miligrama por litro (mg L^{-1}) ou miliequivalente por litro (meq L^{-1}) de CaCO_3 (carbonato de cálcio), independentemente dos íons que a estejam causando.

Condutividade Elétrica

A capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica é denominada condutividade elétrica, determinada pela presença de substâncias dissolvidas em ânions (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos e cloretos) e cátions (cálcio, magnésio, potássio, sódio) influenciados pela temperatura. Portanto, essas medidas devem estar sempre associadas (Rhoades et al., 1999). As principais fontes antropogênicas de sais, nas águas, são: descargas industriais e efluentes domésticos e agropecuários.

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, podendo contribuir para o reconhecimento dos impactos ambientais que ocorrem na bacia de drenagem, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc. Como cada corpo de água tende a ter um grau relativamente constante de condutividade, mudanças significativas podem ser indicadoras de que processos de poluição estão ocorrendo como a descarga de material na água. Altos índices de condutividade são ocasionados por meio de fontes não pontuais, como efluentes de áreas residenciais/urbanas, águas de drenagem de sistemas de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas; principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde baixas precipitações associadas às elevadas taxas de evapotranspiração podem ocasionar fluxo ascendente de sais com conseqüente acúmulo. Efluentes industriais como fontes localizadas, também liberam altos teores de íons dissolvidos. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

A unidade básica de medida da condutividade elétrica era representada em mhos m^{-1} , entretanto, nos dias atuais torna-se mais corriqueiro expressar a mesma em Siemens m^{-1} , sendo comumente apresentada na forma de submúltiplos (mS cm^{-1} , uS cm^{-1} , dS m^{-1}).

Material em Suspensão

Material em suspensão é o material particulado, encontrado em corpos de água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo os organismos planctônicos (fito e zooplâncton). Sua principal influência é na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz, o que pode inibir as atividades fotossintéticas das plantas aquáticas. Processos de assoreamento e bloqueio total de rios ou lagos devido ao alto conteúdo de material em suspensão são responsáveis pelo desequilíbrio entre espécies e desaparecimento completo de algumas formas de vida do ambiente aquático.

Sólidos em suspensão servem como carreadores de substâncias tóxicas adsorvidas. Agrotóxicos, fertilizantes e metais são facilmente adsorvidos nas partículas de solo e, na maioria

das vezes, podem não ser detectados em pontos de coleta próximos ao local de sua aplicação, podendo ser encontrados em locais muito distantes, em sedimentos de lagos e rios. As alterações bruscas nas características químicas da água podem mobilizar este material, podendo ocasionar efeitos tóxicos em organismos e animais.

Os sólidos em suspensão, contidos em uma amostra de água, apresentam características diferentes, em função do método analítico escolhido, e, conseqüentemente, têm designações distintas. Nos sólidos filtráveis encontram-se, além de uma parcela de sólidos turvos, os sólidos flutuantes que são determinados através de aparelhos adequados, em forma de peso ou volume. Sólidos sedimentáveis são os que em determinadas condições afundam. Neste caso, o resultado é anotado preferencialmente como volume (mL L^{-1}) acrescentado pelo tempo de formação. Sólidos não-sedimentáveis, são aqueles que não sofrem flotação, nem sedimentação.

A unidade de medição normal para o teor em sólidos não dissolvidos é o peso dos sólidos filtráveis, expresso em mg L^{-1} de matéria seca. Dos sólidos filtrados pode ser determinado o resíduo calcinado (em % de matéria seca), que é considerado uma medida da parcela da matéria mineral. O restante indica a parcela de sólidos orgânicos como voláteis.

Compostos de Nitrogênio e Fósforo

O nitrogênio apresenta-se no ambiente em diversas formas, isto é:

- a) nitrogênio molecular (N_2), livre na atmosfera;
- b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão no corpo de água);
- c) amônia (livre – NH_3 e ionizada – NH_4^+);
- d) nitrito (NO_2^-);
- e) nitrato (NO_3^-).

A importância do conhecimento da presença e quantificação do nitrogênio nas suas diversas formas na água refere-se ao consumo de OD necessário durante o processo de nitrificação. Esse processo indica a conversão de nitrogênio amoniacal a nitrito e este a nitrato. A proliferação de algas tem no nitrogênio um elemento vital para seu crescimento.

As águas naturais contêm nitrato em solução e, principalmente, tratando-se de águas que recebem esgotos, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados, tais como: compostos orgânicos quaternários, amônia e nitritos. Em geral, a presença destes compostos indica a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, principalmente devido a presença de bactérias nitrificantes. Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes. A concentração total de nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos tóxicos do corpo de água.

a) Nitrato

O nitrogênio sob forma de amônia transforma-se com o tempo, dependendo das condições físicas e químicas do meio aquático, em nitrito e, posteriormente, em nitrato (nitrificação). A presença do nitrato no corpo de água é um indicador de poluição antiga relacionada

ao final do período do processo de nitrificação ou pode caracterizar o efluente de uma estação de tratamento de esgotos sanitários em nível terciário, onde o processo de nitrificação é induzido e controlado com o objetivo de redução de nutrientes.

Concentrações de nitrato superiores a 5 mg L^{-1} demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrato são os dejetos humanos e animais. O nitrato pode sofrer também um processo de desnitrificação onde é reduzido a nitrogênio gasoso (N_2). Em altas concentrações, nas fontes domésticas de água (poços), pode trazer graves problemas de intoxicação tanto ao ser humano como aos animais. Estimula o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, multiplicam-se, podendo ocorrer um crescimento exagerado, processo denominado de eutrofização.

A eutrofização é um fenômeno indesejável, pois modifica substancialmente as características físicas, químicas e biológicas do corpo de água. O crescimento excessivo de vegetação aquática causa eventuais maus odores, mortandade de peixe, mudança radical de cor, diminuição excessiva de OD, secreções tóxicas de certas algas, etc., que são algumas das conseqüências do fenômeno. Os processos de eutrofização somados ao de assoreamento aumentam, gradativamente, o material sedimentado no fundo provocando, lentamente, a morte e o desaparecimento do corpo de água.

b) Nitrito

É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

c) Nitrogênio amoniacal (amônia)

A amônia é uma substância tóxica, não persistente e não cumulativa, de concentração normalmente baixa. Grandes quantidades podem causar sufocamento de peixes. A amônia pode ocorrer na forma livre, que é o nitrogênio amoniacal (NH_3), tóxica aos peixes, e na forma ionizada (NH_4^+), não tóxica. Para valores de pH menores que 8 a amônia passa a sua forma ionizada, amônio, NH_4^+ .

A medição do nitrogênio amoniacal, geralmente avaliado em miligramas por litro (mg L^{-1}) é importante não só para se constatar a presença de esgotos domésticos lançados recentemente no corpo de água, mas também como um indicador de futuro consumo de oxigênio no processo de nitrificação anteriormente citado e o possível crescimento de algas.

d) Fósforo total

A presença de fósforo nas águas pode ter origem natural em função da dissolução de compostos do solo (em pequena escala) e origem antropogênica, oriunda dos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. Sendo nutriente, não traz problemas de ordem sanitária para a água. Os compostos de fósforo são um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos. Sua presença em uma massa de água é de importância fundamental no controle ecológico das algas. Concentrações elevadas podem

contribuir, da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas e acelerar, indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização.

Os lagos, represas e reservatórios receptores de vários fluxos de água servem de "depósito" do material transportado por estes fluxos, ficando assim os corpos de água mais susceptíveis à eutrofização. Organismos aquáticos, como macrófitas e fitoplânctons, são estimulados principalmente por nutrientes como fósforo e nitrogênio. Para sua manutenção necessitam de concentrações muito baixas destes nutrientes, de forma que, mesmo modestas alterações em seus níveis de concentração, podem desencadear uma série de eventos não desejáveis. Exemplo destes eventos é o crescimento acelerado de plantas, principalmente de algas, com conseqüente desaparecimento da fauna aquática.

Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica. A presença do fósforo na água pode se dar de diversas formas. A mais importante delas, para o metabolismo biológico, é o ortofosfato. O fósforo total (PT) é medido geralmente em miligramas por litro (mg L^{-1}).

Metais Pesados

Os metais pesados são micropoluentes inorgânicos provenientes, na sua maioria, de efluentes industriais. São altamente tóxicos para a vida aquática e, por reação em cadeia, podem atingir os seres humanos. Os principais metais pesados presentes nas águas, em forma dissolvida, são: cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Em geral, as concentrações de metais pesados na água estão muito aquém dos padrões de qualidade estabelecidos. Por outro lado, a tendência dos metais pesados é de aderirem aos sólidos em suspensão que, por sua vez, sedimentam no fundo do corpo de água. O comportamento dos metais nos ecossistemas aquáticos é, portanto, dependente da composição do sedimento, composição do material em suspensão e dos demais constituintes presentes na água. Este conjunto de elementos controla o direcionamento da presença dos metais via reações de adsorção e dessorção nas diferentes fases da água. A adsorção remove os metais da fase dissolvida e os deposita no sedimento ou no material em suspensão. A dessorção faz o caminho contrário, retornando os metais para a coluna de água, onde a recirculação e os processos de biomagnificação acontecem. Os metais também são dessorvidos do sedimento com o aumento da salinidade, diminuição do potencial redox e decréscimo do pH.

Procura-se analisar as concentrações de metais pesados nos sedimentos, cujos valores podem ser significativos e representam uma ameaça à biota e, conseqüentemente, ao ser humano que está no topo da cadeia alimentar. Os metais pesados, além de serem tóxicos, são cumulativos no organismo e podem provocar diversos tipos de doenças no ser humano com a ingestão de pequenas doses, por períodos consideráveis. Os metais são medidos, geralmente, em miligramas por grama (mg g^{-1}) ou microgramas por grama (ug g^{-1}), expressos em peso seco.

Agrotóxicos

Muitas são as evidências que indicam a presença de agrotóxicos em áreas onde não são utilizados, como a atmosfera, solos não-agricultáveis, e nos diferentes corpos de água. Os

agrotóxicos e seus subprodutos de degradação podem entrar nos corpos de água superficiais e subterrâneos dissolvidos na água, na forma de emulsão ou ligados às partículas do solo.

Mesmo considerando os efeitos benéficos do uso de agrotóxicos na produção agrícola e controle de insetos transmissores de doenças, alguns destes produtos químicos são resistentes à degradação, podendo persistir e acumular-se nos ambientes aquáticos. As principais formas de contaminação de água por agrotóxicos são o uso direto na água, escoamento superficial carreando agrotóxicos, deriva e volatilização e subsequente deposição atmosférica. A quantidade de agrotóxicos que chega aos corpos de água depende do método de aplicação utilizado; da intensidade e duração da chuva ou irrigação; do tempo decorrido entre a aplicação e a ocorrência de chuva; da quantidade aplicada e do coeficiente de partição solo/água; dos sistemas de produção utilizados; do grau de inclinação do terreno; da proximidade do corpo de água; e da forma de controle da erosão. As maiores concentrações de resíduos de agrotóxicos que atingem a água ocorrem quando acontecem chuvas intensas logo após a aplicação.

Muitos problemas de contaminação por agrotóxicos estão ligados tanto à falta de conhecimento para o uso, como a não observação do meio a que ele é aplicado. Pelo senso comum, pode-se prever que aplicações imprudentes de agrotóxicos altamente solúveis em água, em culturas irrigadas em solos arenosos, resultarão na presença destes agrotóxicos nos aquíferos mais rasos que estão abaixo destes campos irrigados.

1.6.2. Componentes biológicos

O monitoramento microbiológico da água para consumo humano tem sido praticado desde o início do século passado. A água potável pode ser contaminada com coliformes e bactérias patogênicas provenientes de dejetos humanos ou de outros animais. Esses parâmetros microbiológicos oferecem uma informação única sobre os efluentes e a qualidade da água e indicam os riscos à saúde pública.

Para assegurar um suprimento contínuo e de qualidade à água potável quanto a segurança da água recreacional, é necessário o monitoramento freqüente das fontes de água quanto à presença de patógenos. Contudo, a detecção e enumeração de todas as bactérias patogênicas que podem estar potencialmente presentes na água são caras e consomem muito tempo, tornando-se impraticável executá-las de forma regular. A monitorização microbiológica mais efetiva para as fontes de água é uma determinação simples, rápida e barata da presença de bactérias e algas. Dois grupos de bactéria, coliformes e estreptococcus fecais, são usados como indicadores de uma possível contaminação por esgoto, uma vez que são comumente encontrados em fezes humanas e de animais. Embora a maioria delas não seja propriamente patogênica, servem como indicadores de potencial de contaminação por bactérias patogênicas, vírus e protozoários que também vivem no sistema digestivo.

Grupo dos coliformes

O rio é habitado, normalmente, por muitos tipos de bactérias, assim como por várias espécies de algas e de peixes. Essas bactérias são importantíssimas porque, alimentando-se de materiais orgânicos, são elas que consomem a carga poluidora que lhe é lançada, sendo assim as principais responsáveis pela auto-depuração, ou seja, limpeza do rio. Porém, quando o rio recebe

esgotos, ele passa a conter outros tipos de bactérias que não são benéficas e que podem ou não causar doenças às pessoas que beberem dessa água.

Um grupo importante, dentre estas bactérias, é o grupo dos coliformes. A densidade do grupo coliforme é um critério significativo do grau de poluição e, assim, da qualidade sanitária. A detecção e enumeração do grupo coliforme têm sido usadas como base para o monitoramento padrão da qualidade bacteriológica do suprimento de água.

O grupo coliforme das Enterobacteriaceae que fermenta a lactose constitui-se numa parte da flora intestinal normal dos mamíferos. As bactérias coliformes fecais, predominantemente *E. coli*, que habitam o intestino de mamíferos são detectadas pela sua capacidade em fermentar lactose a 44,5°C. Estas bactérias normalmente não ficam no sistema aquático por muito tempo. Assim, sua presença na água serve como um indicador de recente contaminação fecal, a qual é a maior fonte de muitas doenças enteropatogênicas transmitidas pela água.

Os órgãos ambientais utilizam-se deste indicador para diagnosticar também as condições para o banho de mar. Esse serviço informa à população a adequabilidade ou não de banho nas águas litorâneas (excelente, muito boa, satisfatória e imprópria) e é denominado de condições de balneabilidade.

Comunidade planctônica

O conjunto de alterações que ocorre num reservatório ao longo de uma escala temporal desencadeia diferentes respostas por parte da comunidade planctônica, que podem ser utilizadas como parâmetros em estudos limnológicos. A utilização da comunidade fitoplanctônica como bioindicadora de um ecossistema aquático se fundamenta na avaliação da base de uma cadeia alimentar, na qual os efeitos oriundos das alterações ambientais serão refletidos em todos os seus componentes e, conseqüentemente, no bioma como um todo. Mudanças na dinâmica da comunidade fitoplanctônica são reflexos das alterações físicas, químicas e/ou biológicas que ocorrem num corpo de água.

Clorofila

A clorofila é um tipo de pigmento que existe nos vegetais em geral, aí se incluindo os diversos gêneros de algas. O papel da clorofila é fundamental na fotossíntese, isto é, no mecanismo de nutrição dos vegetais.

A reação de síntese que ocorre nas células vegetais possuidoras de clorofila é uma reação fotoquímica, na qual o gás carbônico retirado do ar é combinado à água, consumindo energia armazenada pela clorofila, através da luz, para formar compostos orgânicos e, como subproduto, o oxigênio. Portanto, o conhecimento quantitativo da clorofila permite estimar a capacidade de reoxigenação das águas no seu próprio meio, inferir sobre a densidade da população de algas e avaliar o aporte da quantidade de nutrientes.

Como citado anteriormente, a floração das águas, determina o crescimento anormal de algas no meio aquático pelo excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo).

1.7. Considerações Finais

A água é essencial à vida e necessária a quase todas as atividades humanas, além de ser um fator de equilíbrio dos ecossistemas. O ciclo hidrológico é indissociável. As águas superficiais e subterrâneas são o mesmo recurso fluindo por meios físicos diferentes. O binômio quantidade e qualidade é indivisível. O suprimento de água potável às populações deve ser a principal prioridade, discriminando-se e protegendo-se mananciais de abastecimento atuais e futuros. O aproveitamento dos recursos hídricos deve considerar sua distribuição eqüitativa e seu uso racional, a maximização do desenvolvimento econômico e social e a minimização dos impactos ambientais. A gestão de qualidade da água deverá compatibilizar: os potenciais de assimilação pelos corpos de água de cargas poluidoras urbanas, industriais, agrícolas e outras; os padrões admissíveis de lançamento de efluentes; o enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderantes; a outorga de usos; e o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras.

A bacia hidrográfica é uma unidade natural que recebe toda a influência da região que ela drena, sendo a água o seu principal componente. A qualidade da água (dados físicos, químicos e biológicos) é um dos indicadores mais importantes na caracterização ambiental da bacia hidrográfica. Uma série de medidas pode indicar adequadamente os efeitos das atividades antrópicas, como, por exemplo, desmatamento, despejo de resíduos industriais, erosão e entrada de material em suspensão de origem terrestre. As duas abordagens, bacia hidrográfica e qualidade da água, permitem, portanto, compor um sistema que indica mecanismos de funcionamento das bacias hidrográficas e seus efeitos na qualidade da água.

1.8. Referências

A COR das águas. Disponível em: <<http://www.cttmar.univali.br/algas/cor.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

ÁGUA: abundância e escassez. Disponível em:

<<http://www.comciencia.br/reportagens/aguas/aguas02.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1)

BARTH, F. T. **Fundamentos para gestão dos recursos hídricos**. Brasília: ABRH, 1978.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 jul. 1986.

CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. London: E&FN Spon, 1992. 626 p.

CSUROS, M.; CSUROS, C. **Microbiological examination of water and wastewater**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1999. 324 p.

EPA. **Watershed Information Network**: index of watershed indicators. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iwi>>. Acesso em: 27 out. 1999.

POLUIÇÃO hídrica. Disponível em: <<http://www.gpca.com.br>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

PROJETO águas de Minas. Disponível em:

<http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/p_indicativos.htm>. Acesso em: 13 abr. 2004..

REBOUÇAS, A. C. Water crisis: facts and myths. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 66, supl. 1, p. 135-147, 1994.

REBOUÇAS, A. C. A transposição do Rio São Francisco sob o prisma do desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ESPECIAL DA SBPC, 4., 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBPC, 1996. p. 79-84.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

RHOADES, J. D.; CHANDUVI, F.; LESCH, S. **Soil salinity assessment: methods and interpretation of electrical conductivity measurements**. Rome: FAO, 1999. 150 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 57).

SETTI, A. A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 1996.

ZIMBRES, E. **Química da água subterrânea**. Disponível em:

<<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

Aspectos Metodológicos do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água

Cláudio César de Almeida Buschinelli
Aderaldo de Souza Silva
Luiz Carlos Hermes

2.1. Base Conceitual

Neste trabalho foi utilizado o conceito de desenvolvimento sustentável consagrado, em 1987, pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente - CMMA (IBGE, 2002a). Para indicadores, índices, normas e padrões, avaliação e monitoramento da qualidade das águas, foram seguidas as definições citadas pelo grupo de trabalho do Convênio de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, formado pela Agência Brasileira de Cooperação (ABC) e a BMZ (*Bundesministerium fur Wirtschaftliche Zusammenarbeit*), junto ao Instituto Ambiental do Paraná (Paraná, 1994).

Dentro do marco conceitual da sustentabilidade ambiental, pode-se identificar, pelo menos, três componentes fundamentais e indissociáveis: a dimensão ecológica, a dimensão econômica e a dimensão social. Tais dimensões ou perfis definem e caracterizam os modos de uso e ocupação do território, no espaço e no tempo, pelas comunidades envolvidas. Na prática, deve-se buscar a integração de objetivos, muitas vezes conflitantes, entre esses componentes; já que os anseios de desenvolvimento dos setores da sociedade são variados e não lineares; porém, interdependentes.

Para tanto, o estudo procurou englobar estes perfis, de forma integrada, na avaliação das fontes de água, evitando a avaliação isolada de cada um deles. Cada perfil foi caracterizado por grandes temas, construídos com as informações provenientes de dados obtidos de levantamentos, realizados pela Embrapa Meio Ambiente durante quatro anos (1998 a 2002), do tratamento digital das imagens de satélite e da base cartográfica, além dos dados censitários disponibilizados pela Fundação IBGE (IBGE, 2002a, b).

O contexto do estudo é a bacia hidrográfica do Submédio São Francisco, pela compreensão de que este espaço representa um dos principais focos das avaliações ambientais no país. Muito embora seja bastante difícil a obtenção de dados censitários neste âmbito, já que as fronteiras políticas nem sempre seguem os divisores naturais das áreas de drenagem superficial, deve-se considerar estes diferentes contornos na integração dos dados e informações a serem avaliados. A Bacia Hidrográfica do Submédio São Francisco contém 35 sub-bacias e 73 municípios, cujas áreas estão total ou parcialmente na bacia.

O índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA_ÁGUA), construído neste trabalho, representa a descrição real quantitativa e qualitativa de alguns dos componentes selecionados em cada tema formador dos perfis, aqui definidos como indicadores. Estes permitem que as unidades geográficas de análise (sub-bacias e municípios) manifestem-se espacialmente, de forma hierarquizada, como mapas temáticos sintéticos, após integração e análise estatística destes indicadores.

A integração dos perfis ecológico, econômico e social, envolvidos com o uso múltiplo da água em uma região, visando a construção do ISA_ÁGUA, está representada de forma esquemática na Fig. 2.1.

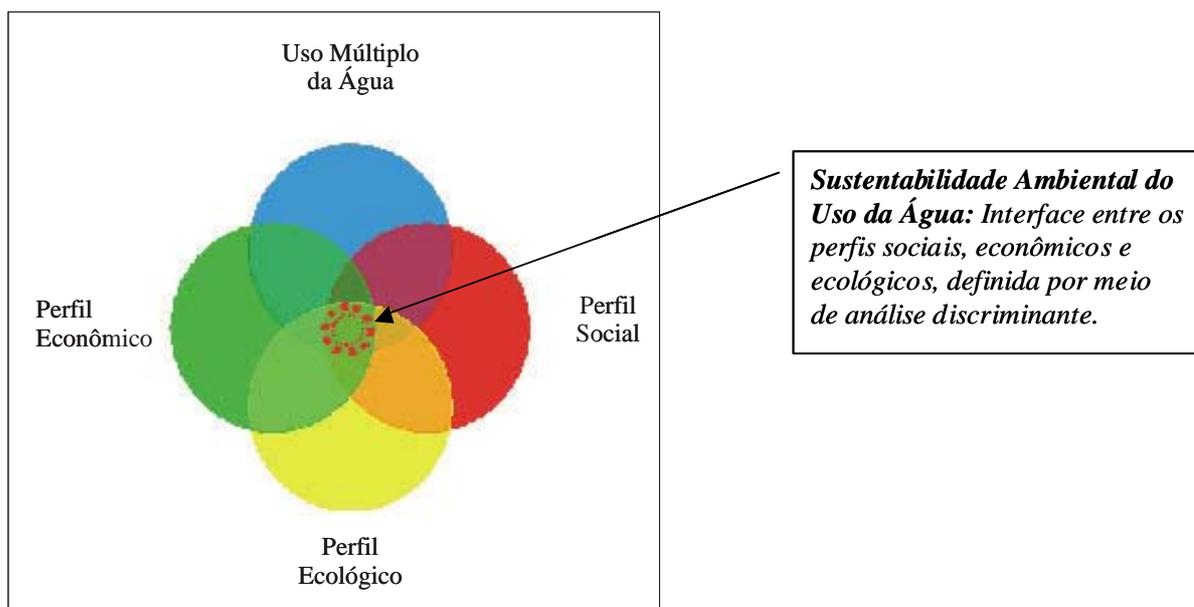


Fig. 2.1. Modelo esquemático de integração dos perfis ecológico, social e econômico, utilizados na construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água.

Como os termos usados neste estudo podem ter diferentes interpretações, define-se, a seguir, o sentido em que eles foram utilizados pelo grupo de trabalho:

- **Desenvolvimento sustentável:** "...é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras...";
- **Indicador:** é uma observação ou medição, em termos quantitativos, que permite que um componente ou uma ação de um sistema ambiental seja descrito dentro dos limites dos conhecimentos atuais;
- **Norma:** corresponde aos valores de um indicador que expressam limites dentro dos quais deve situar-se a ocorrência do componente escolhido, de forma a não ser prejudicial para o homem ou o ambiente;

- **Índice:** em geral, um índice relaciona o valor observado (indicador) de um componente escolhido, com os padrões estabelecidos para aquele componente, e expressa até que ponto esse componente é desejável ou indesejável em relação ao homem e ao meio ambiente;
- **Análise fatorial (Varimax rotacionado):** é uma técnica de análise multivariada. A análise fatorial é um instrumento mais complexo e preciso que a de componentes principais (ACP), porque possibilita não só a rotação dos eixos (fatores) que sintetizam as informações contidas na matriz de dados como o estabelecimento de eixos não-ortogonais que representam o mútuo relacionamento entre fatores que são interdependentes, mas de acordo com as associações observadas na realidade (pesquisas de campo);
- **Análise discriminante:** esta técnica de análise multivariada permite testar a significância de uma classificação prévia e determinar quais são as variáveis que têm o poder de distinguir o grupo onde devam entrar as unidades geográficas (sub-bacias e municípios) que estão sendo pesquisadas. Este método foi utilizado na análise regional como um esquema analítico de hierarquização, visando classificar as sub-bacias hidrográficas em graus elevado, bom, regular e baixo, como forma de distinguir as diferenças potenciais ecológicas, sociais e econômicas, para atingir a sustentabilidade do uso da água;
- **Avaliação da qualidade da água:** é todo o processo de avaliação de natureza física, química ou biológica em relação à qualidade natural das águas. Quantifica as interferências antropogênicas e usos pretendidos, principalmente aqueles que possam afetar a saúde humana e a saúde do próprio sistema aquático;
- **Monitoramento da qualidade da água:** é a coleta de informações para um determinado local, em intervalos regulares, com o intuito de obter dados que possam ser utilizados para definir as condições presentes e estabelecer tendências dos recursos hídricos visando o uso sustentável.

2.2. Considerações metodológicas

A proposta metodológica do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água, aqui descrita, trata de uma nova visão sobre gestão dos recursos hídricos, com foco em dois tópicos principais. O primeiro sugere a incorporação do conceito de gestão ambiental, amparado pela norma ISO 14.001, no processo de gestão dos recursos hídricos. O segundo desloca o foco, hoje preponderante, da utilização quantitativa e qualitativa da água de usos múltiplos, para uma dimensão de sustentabilidade ambiental do recurso por bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica, criando-se instrumentos de mensuração, tais como indicadores de sustentabilidade ambiental dos municípios situados na região avaliada.

Os indicadores de sustentabilidade são considerados ferramentas precisas e de amplo uso em diferentes âmbitos e estratégias, como por exemplo, na hierarquização da performance de desenvolvimento de países (OECD, 1999; 2000), no manejo e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (Armitage, 1995), ou na avaliação da sustentabilidade do manejo das terras na escala de propriedades (Smyth & Dumanski, 1995). A utilização destes indicadores foi consagrada de forma individualizada no "International Expert Meeting on Information for Decision: Making and Participation", de 2000, realizado no Canadá (ONU, 2002).

A Fig. 2.2 apresenta uma modificação do clássico triângulo da sustentabilidade proposto por Nijkamp (1990), onde o uso sustentável da água é o centro claro do triângulo menor, o qual visa de forma ideal a harmonia entre os fatores ecológicos, econômicos e sociais que competem pelos recursos naturais de uma região. São também apresentados os indicadores de sustentabilidade utilizados neste trabalho, os quais são descritos resumidamente a seguir.

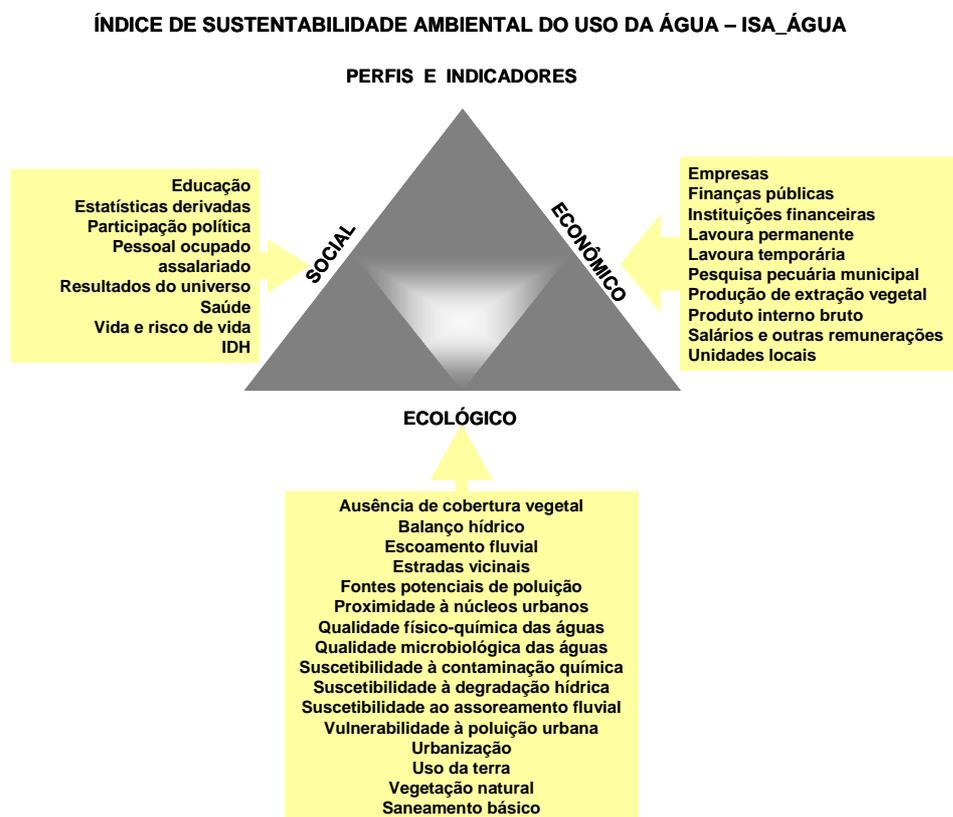


Fig. 2.2. Relação dos perfis e indicadores utilizados nas análises multivariadas para a construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água na região do Submédio São Francisco.

2.2.1. Perfil Ecológico

O perfil ecológico dos indicadores de desenvolvimento sustentável analisa a degradação ambiental provocada pelo homem no uso dos recursos naturais, uma vez que solo, água e vegetação são recursos não renováveis e finitos e estão distribuídos de forma desigual no território do Submédio São Francisco. O perfil também enfoca os objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais para benefício das gerações futuras (IBGE, 2002a).

A proteção do meio ambiente como meta do manejo ambiental é de difícil conceituação operacional, devido à complexidade dos ecossistemas. Também é difícil encontrar indicadores ecológicos que mensurem a saúde do ambiente, pois diferentes indicadores enfocam diferentes aspectos da saúde do ecossistema, sendo necessário aplicar vários indicadores simultaneamente para se obter uma imagem de sua integridade (Neher, 1992).

O perfil ecológico foi construído por meio da análise integrada de 16 indicadores, representados por:

- ausência de cobertura vegetal;
- balanço hídrico;
- escoamento fluvial;
- estradas vicinais;
- fontes potenciais de poluição;
- qualidade físico-química das águas;
- qualidade microbiológica das águas;
- suscetibilidade à contaminação química;
- proximidade a núcleos urbanos;
- suscetibilidade à degradação hídrica;
- suscetibilidade ao assoreamento fluvial;
- vulnerabilidade à poluição urbana;
- urbanização;
- uso da terra;
- vegetação natural; e
- saneamento básico.

Os pontos de coleta pesquisados “in loco”, visando à construção do perfil ecológico foram georreferenciados, como é possível observar na Figura 2.3, que ilustra o momento da medida da qualidade da água utilizando a sonda multiparâmetro em um açude, no município de Ibimirim, em Pernambuco.



Fig. 2.3. Inventário da qualidade de água utilizada para consumo humano e irrigação em Ibimirim, PE.

Os dados primários são oriundos de levantamentos de campo, como, por exemplo, as análises físico-químicas e microbiológicas da qualidade da água, a aplicação dos inventários nos municípios da região do Submédio São Francisco, tratamento digital das imagens de satélite e da base cartográfica da região em estudo.

Já os dados secundários foram provenientes de levantamentos censitários do IBGE (2002b) e outras instituições, como a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF, 2001), Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2002), Federação das Indústrias dos Estados da Bahia (FIEB, 2002), Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco (FIEPE, 2000), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Companhia...2002). A terminologia usada para definição de cada indicador do perfil ecológico é a mesma utilizada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002a). Procedimento similar foi utilizado para a construção dos perfis econômico e social.

Os indicadores do perfil ecológico emergem do tratamento estatístico das variáveis utilizadas neste perfil, gerando, ao final, um índice específico para cada unidade geográfica avaliada, chamado de IP_ECOL – Índice do Perfil Ecológico. Este índice caracteriza e classifica o desempenho de cada unidade geográfica, podendo ser expresso na forma de um mapa temático.

2.2.2. Perfil econômico

O perfil econômico expressa as diferenças referentes às estruturas econômicas regionais (ou de cada região), entre os municípios e as sub-bacias hidrográficas. Por outro lado, segundo o IBGE (2002a), este é um perfil que incorpora em sua análise objetivos de eficiência dos processos produtivos e alterações nas estruturas de consumo, orientadas à produção econômica sustentável em longo prazo.

Os diferentes aspectos do perfil econômico da sustentabilidade ambiental foram sintetizados em dez indicadores:

- empresas;
- finanças públicas;
- instituições financeiras;
- lavoura permanente;
- lavoura temporária;
- pesquisa pecuária municipal;
- produção de extração vegetal;
- produto interno bruto;
- salários e outras remunerações, e
- unidades locais.

Estes indicadores retrataram os perfis macroeconômico e financeiro, indicando o consumo e a demanda relativa aos recursos materiais e uso dos recursos naturais, sobretudo por meio das atividades econômicas desenvolvidas na área.

De maneira similar à descrita para o perfil ecológico, os indicadores do perfil econômico geraram o IP_ECON – Índice do Perfil Econômico, que expressa de maneira hierárquica o desempenho das unidades geográficas estudadas na forma de um mapa temático específico.

2.2.3. Perfil social

O perfil social da região apresenta características demográficas da comunidade são-franciscana, retratando seus anseios, o atendimento aos serviços básicos, o comprometimento da qualidade de vida e justiça social, abrangendo os temas população, equidade, saúde, educação, habitação e segurança (IBGE, 2002b). Foram incluídos oito indicadores:

- educação;
- estatísticas derivadas;
- participação política;
- pessoal ocupado assalariado;
- resultados do universo;
- saúde;
- vida e risco de vida; e
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

Estes indicadores foram utilizados buscando-se apresentar um resumo da situação social, da distribuição de renda e das condições de vida da população residente nas sub-bacias hidrográficas e nos seus municípios correspondentes.

Com estes indicadores, foi possível gerar o IP_SOCI – Índice do Perfil Social para as unidades geográficas avaliadas, expresso na forma de mapa temático específico deste perfil.

2.3. Tratamento Geral da Informação

São descritos, a seguir, os principais procedimentos aplicados na integração das informações utilizadas no trabalho para a geração do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água – ISA_AGUA.

2.3.1. Fatores que interferem na qualidade da água e unidades geográficas do estudo

Os indicadores de sustentabilidade do uso da água descritos refletiram as situações e especificidades sócioeconômicas e ecológicas de cada unidade geográfica (sub-bacias ou municípios) da região do Submédio São Francisco. Na caracterização das sub-bacias, foram identificadas relações diretas entre estes indicadores e os fatores antrópicos presentes na região, além de considerar as características e potencialidades da base de recursos naturais presentes, conforme apresentados esquematicamente na Fig. 2.4.

Apesar deste estudo ter como objetivo principal a avaliação da sub-bacia hidrográfica, foi necessário proceder a alguns ajustes nas informações para o âmbito dos municípios que compõem a região, já que os mecanismos de gestão e administração públicas estão dirigidos para o território municipal. Além disso, a maioria dos dados censitários estão disponíveis para este contexto.

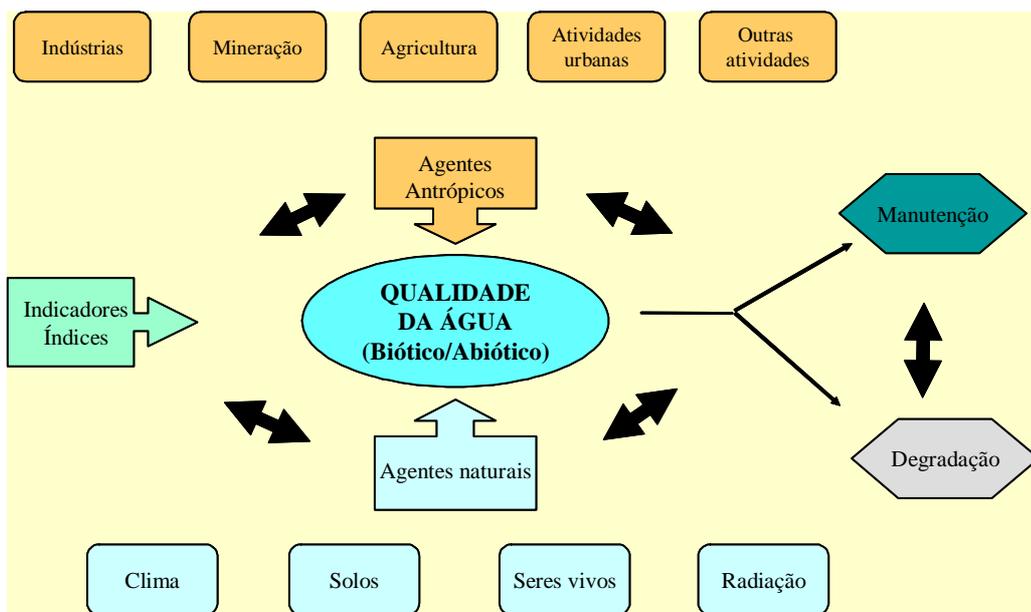


Fig. 2.4. Fatores e indicadores que interferem na qualidade das águas.

A divisão das sub-bacias componentes do Submédio São Francisco foi realizada tendo como base de referência as 63 cartas topográficas do IBGE (escala 1:100.000) que recobrem a região, seguindo o sistema “ottobacias” (Pfafstetter, 1989). Deste processo, resultou uma base digital georreferenciada com 35 sub-bacias.

Na Tabela 2.1, estão relacionadas as sub-bacias com seus respectivos identificadores, nomes e superfícies. A disposição espacial das mesmas pode ser consultada na Fig. 2., na Introdução desta publicação.

Tabela 2.1. Relação das sub-bacias e respectivas superfícies da região do Submédio São Francisco.

Número	Sub-bacia	Área (km ²)	Número	Sub-bacia	Área (km ²)
1	Riacho da Brígida	13.639	19	Riacho do Pontal	6.047
2	Riacho Paredão	984	20	Riacho Campo Largo	3.427
3	Riacho Terra Nova	3.917	21	Riacho do Mocó	850
4	Riacho S. Cristóvão	2.127	22	Riacho Grande	2.552
5	Médio Alto Pajeú	4.653	23	Riacho Tanque Real	6.173
6	Alto Pajeú	1.796	24	Riacho da Jibóia	908
7	Riacho Pau do Fumo	1.057	25	Alto Sobradinho	870
8	Rio Moxotó	9.785	26	Pilão Arcado	900
9	Riacho do Navio	3.303	27	Riacho Basaú	1.604
10	Riacho S. Domingos	651	28	Médio Baixo Sobradinho	2.441
11	Riacho da Posse	606	29	Baixo Sobradinho	2.551
12	Médio Baixo Pajeú	1.387	30	Baixo Salitre	1.711
13	Baixo Pajeú	1.258	31	Rio Pacuí	1.040
14	Riacho Ipueira	1.624	32	Riacho do Morim	1.380
15	Riacho Barreira	6.268	33	Alto Salitre	2.787
16	Alto Itaparica	6.637	34	Vereda da Canavieira	2.624
17	Riacho da Vargem	4.049	35	Riacho Poção	11.105
18	Riacho das Graças	12.170		Total	124.881

Para a identificação dos municípios avaliados no trabalho, o critério de seleção foi a localização da sede municipal dentro do território do Submédio São Francisco. Assim sendo, de um total de 88 municípios inicialmente identificados (Tabela 2.2) foram considerados somente 73.

Tabela 2.2. Relação dos municípios situados na sub-bacia do Submédio São Francisco.

Nº	Município	Microrregião	Estado	Nº	Município	Microrregião	Estado
1	Água Branca	Serrana do Sertão Alagoano	AL	45	Dormentes	Petrolina	PE
2	Delmiro Gouveia	Alagoana do Sertão do São Francisco	AL	46	Exu	Araripina	PE
3	Inhapí	Serrana do Sertão Alagoano	AL	47	Flores	Pajeú	PE
4	Mata Grande	Serrana do Sertão Alagoano	AL	48	Floresta	Itaparica	PE
5	Pariconha	Serrana do Sertão Alagoano	AL	49	Granito	Araripina	PE
6	Abaré	Paulo Afonso	BA	50	Ibimirim	Sertão do Moxotó	PE
7	Campo Formoso	Senhor do Bonfim	BA	51	Iguaraci	Pajeú	PE
8	Casa Nova	Juazeiro	BA	52	Inajá	Sertão do Moxotó	PE
9	Chorrochó	Paulo Afonso	BA	53	Ingazeira	Pajeú	PE
10	Curaçá	Juazeiro	BA	54	Ipubi	Araripina	PE
11	Glória	Paulo Afonso	BA	55	Itacurubá	Itaparica	PE
12	Jacobina	Jacobina	BA	56	Itaíba	Vale do Ipanema	PE
13	Jaguarari	Senhor do Bonfim	BA	57	Itapetim	Pajeú	PE
14	Jeremoabo	Jeremoabo	BA	58	Jatobá	Itaparica	PE
15	Juazeiro	Juazeiro	BA	59	Lagoa Grande	Petrolina	PE
16	Macururê	Paulo Afonso	BA	60	Manari	Sertão do Moxotó	PE
17	Miguel Calmon	Jacobina	BA	61	Mirandiba	Salgueiro	PE
18	Mirangaba	Jacobina	BA	62	Moreilândia	Araripina	PE
19	Morro do Chapéu	Jacobina	BA	63	Orocó	Petrolina	PE
20	Ourolândia	Jacobina	BA	64	Ouricuri	Araripina	PE
21	Paulo Afonso	Paulo Afonso	BA	65	Parnamirim	Salgueiro	PE
22	Pilão Arcado	Juazeiro	BA	66	Petrolândia	Itaparica	PE
23	Remanso	Juazeiro	BA	67	Petrolina	Petrolina	PE
24	Rodelas	Paulo Afonso	BA	68	Quixabá	Pajeú	PE
25	Sento Sé	Juazeiro	BA	69	Salgueiro	Salgueiro	PE
26	Sobradinho	Juazeiro	BA	70	Santa Cruz	Araripina	PE
27	Uauá	Euclides da Cunha	BA	71	Stª Cruz da Baixa Verde	Pajeú	PE
28	Umburanas	Senhor do Bonfim	BA	72	Santa Filomena	Araripina	PE
29	Várzea Nova	Jacobina	BA	73	Santa Maria da Boa Vista	Petrolina	PE
30	Afogados da Ingazeira	Pajeú	PE	74	Santa Terezinha	Pajeú	PE
31	Afrânio	Petrolina	PE	75	São José do Belmonte	Salgueiro	PE
32	Araripina	Araripina	PE	76	São José do Egito	Pajeú	PE
33	Arcoverde	Sertão do Moxotó	PE	77	Serra Talhada	Pajeú	PE
34	Belém de São Francisco	Itaparica	PE	78	Serrita	Salgueiro	PE
35	Betânia	Sertão do Moxotó	PE	79	Sertânia	Sertão do Moxotó	PE
36	Bodocó	Araripina	PE	80	Solidão	Pajeú	PE

continua...

Tabela 2.2. Relação dos municípios situados na sub-bacia do Submédio São Francisco.

...continuação

Nº	Município	Microrregião	Estado	Nº	Município	Microrregião	Estado
37	Brejinho	Pajeú	PE	81	Tabira	Pajeú	PE
38	Buíque	Vale do Ipanema	PE	82	Tacaratu	Itaparica	PE
39	Cabrobó	Petrolina	PE	83	Terra Nova	Petrolina	PE
40	Calumbi	Pajeú	PE	84	Trindade	Araripina	PE
41	Carnaíba	Pajeú	PE	85	Triunfo	Pajeú	PE
42	Carnaubeira da Penha	Itaparica	PE	86	Tupanatinga	Vale do Ipanema	PE
43	Cedro	Salgueiro	PE	87	Tuparetama	Pajeú	PE
44	Custódia	Sertão do Moxotó	PE	88	Verdejante	Salgueiro	PE

Nota: os municípios não avaliados no trabalho estão representados pelas células destacadas em cinza.

2.3.2. Análise Estatística

Apresentamos a seguir os principais procedimentos estatísticos realizados para a obtenção dos resultados do trabalho.

2.3.2.1. Análise Multivariada

Para aplicação dos métodos estatísticos, inicialmente foram construídas matrizes contendo nas colunas as diferentes variáveis correspondentes aos indicadores de cada perfil (Fig. 2.2) e nas linhas os 73 municípios e as 35 sub-bacias hidrográficas, respectivamente.

Como as variáveis estudadas possuem grandezas não comparáveis, foi necessária a padronização das variáveis, gerando, assim, novas matrizes de dados (z_i), segundo Bourroche & Saporta (1980) e Andrade (1989), obtidas a partir da equação:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{s_i} \quad (1)$$

em que:

x_i = valor da variável i ;

\bar{x}_i = valor médio da variável i ;

s_i = desvio padrão da variável i ;

Análise Fatorial

A análise fatorial é um método estatístico de análise multivariada, que tem como objetivo básico construir um conjunto de variáveis F_i , (a partir de uma transformação linear das variáveis iniciais X_i), denominadas "Fatores" ou "Componentes Principais" independentes, ou seja, ortogonais, de acordo com o seguinte modelo matemático (Andrade, 1989):

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ik}F_k + e_i \quad (2)$$

Cada uma das "k" variáveis observadas é descrita linearmente em termos das "k" componentes não correlacionadas (F_i), e os " a_{ik} " são os pesos ou cargas fatoriais que compõem a combinação linear. Os F_i são calculados de forma que o primeiro Fator F_1 explique a maior parcela da variação total das variáveis (X_i); o segundo Fator (F_2) explique a segunda maior parcela; e, assim, sucessivamente, onde " e_i " corresponde ao erro (Bouroche & Saporta, 1980; Andrade, 1989).

As cargas fatoriais expressam os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e seus respectivos Fatores; enquanto a comunalidade final, obtida a partir do somatório dos quadrados das cargas fatoriais (a_{ik}), representa a proporção da variação de cada variável envolvida nos Fatores definidos nas análises.

Em cada Fator, as variáveis mais representativas são aquelas cujas cargas fatoriais são as mais elevadas e devem sempre ser superiores a 0,30; por outro lado, quando a carga fatorial apresenta sinal negativo (-), significa influência negativa desta variável no Fator (Bouroche e Saporta, 1980; Andrade, 1989).

Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento compreende técnicas e algoritmos iterativos, cujo objetivo é classificar "objetos" em grupos de acordo com seu grau de similaridade ou de dissimilaridade. Neste estudo, os "objetos" são representados pelos indicadores selecionados para cada perfil estudado: ecológico, econômico e social.

Normalmente, para medir o grau de dissimilaridade entre "objetos" utilizam-se medidas de distância. A distância euclidiana ($d_{(a,b)}$) é a mais utilizada em estudos de agrupamento, sendo X_a e X_b as variáveis. Segundo Bussad *et al.* (1990), a distância euclidiana ($d_{(a,b)}$) pode ser representada pela expressão:

$$d_{(a,b)} = \left[\sum_{j=1}^p \frac{(X_{i(a)} - X_{i(b)})^2}{p} \right]^{1/2} \quad (3)$$

Para as análises, foi utilizado o pacote Statistic Analysis System - SAS® (SAS Institute, 1999), sendo que, em vez de utilizar o método de Análise de Componentes Principais (ACP), utilizou-se o método Fatorial (Varimax rotacionado), já que este define mais claramente quais variáveis estão mais associadas com um dado Fator e quais não estão.

Na análise de agrupamento, foi utilizado o método Ward, uma vez que este maximiza a inércia entre os diferentes grupos (Andrade, 1989; Bussad *et al.*, 1990). Este método de agregação consiste em considerar inicialmente cada observação como sendo uma classe. Para decidir se duas classes irão formar uma classe maior, examina-se a maior inércia entre as

classes. O agrupamento será considerado ótimo quando existir máxima distância ou heterogeneidade entre as classes, o que equivale à mínima distância entre intraclasses.

2.3.3. Processamento das Informações em Sistemas de Informação Geográfica - SIG

As bases de dados primários e secundários referentes a cada perfil avaliado tiveram distintas origens. O processamento dos perfis social e econômico foi realizado, principalmente, com dados secundários originários do IBGE (IBGE, 2002b). Já os dados primários, gerados pelo próprio subprojeto 1.4- “Desenvolvimento de um sistema de monitoramento da qualidade da água na Região do Submédio São Francisco – Ecovale” no período de 1998 a 2002, foram fundamentais para a geração dos indicadores ecológicos, além de auxiliarem nos ajustes e co-validação das informações obtidas nas análises dos perfis social e econômico. Os distintos inventários realizados em campo que compuseram estas bases de dados foram:

- Inventário da qualidade ambiental das fontes de água, segundo norma ISO 14.001;
- Inventário das fontes potenciais de poluição;
- Inventário sócio-ambiental;
- Inventário de poços tubulares e cadastro de usuários;
- Inventário das fontes de água superficiais e cadastro de usuários;
- Inventário fito-ecológico.
- Monitoramento em campo da qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais e subterrâneas, mediante a utilização de sondas multiparâmetros e kits de determinação microbiológica rápida de coliformes (total e fecal).

As bases de dados referentes a cada perfil foram homogeneizadas para um adequado cruzamento e integração com os planos cartográficos de referência. Foi empregada a técnica de geoprocessamento de imagens de satélite, abrangendo toda a região (125 mil km²), com objetivo de obter índices de âmbito regional, e co-validação e extrapolação de resultados para outras sub-bacias hidrográficas.

Para o processamento do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água, foi construída uma base de dados única, formada pela integração das três bases já citadas. Embora utilizando informações do âmbito municipal, foi possível a extrapolação e a obtenção de resultados para um âmbito geográfico mais realista do ponto de vista de uso e ocupação do território, a sub-bacia hidrográfica.

As informações em formato digital foram integradas, analisadas e processadas tendo como unidade mínima de estudo cada um dos 73 municípios que compõem a região, já que o município é a menor unidade geográfica com informação oficial disponibilizada até o momento pelo IBGE. Entretanto, destaca-se que essas informações foram sistematizadas e espacializadas no âmbito das 35 sub-bacias hidrográficas que compõem a área de estudo.

A partir da hipótese de que a qualidade das águas é função dos fatores que interferem em suas propriedades (Fig. 2.4), a análise multivariada foi utilizada no processamento de todos os indicadores, com o objetivo de se definir a estrutura analítica de cada indicador e de seus respectivos índices, associados a sua variabilidade espacial.

Uma vez homogeneizada a base de dados e definida a unidade geográfica mínima de estudo (município), foi realizado o tratamento estatístico dos dados através de análise discriminante. Esta análise serviu para classificar grupos homogêneos de forma natural, maximizando a separação entre grupos e homogeneizando os parâmetros no âmbito interno de cada grupo. Assim, como resultados da análise, foram obtidos quatro grupos homogêneos de municípios e de sub-bacias hidrográficas, os quais foram hierarquizados e expressos por um índice específico.

O processamento das distintas fontes de dados e sua posterior integração em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - (SIG) foram desenvolvidos conforme apresentado na Fig. 2.5, onde se encontram os principais planos de informação, como as cartas topográficas e planos derivados (hidrografia, imagens de satélite e os resultados de sua classificação), assim descritos:

- Cartas topográficas do IBGE na escala de 1:100.000 (62 folhas);
- Imagens LANDSAT TM5 e TM7 de passagens recentes (1998 a 2001), compondo um mosaico de 12 cenas originais nas bandas 3, 4 e 5. Além de 62 imagens recortadas e georreferenciadas sobre as correspondentes cartas topográficas do IBGE;
- Mapa de ocupação do território;
- Mapa de rede de drenagem.

Destacam-se, também, as informações de outras fontes de dados em formato digital, produzidas por outras entidades públicas, utilizadas na construção dos indicadores de desenvolvimento sustentável, tais como:

- HIDROGEO - Base Cartográfica Regiões e Estados do Brasil (ANA, 2001a) e HIDROGEO - Mosaicos Georreferenciados: Regiões e Estados do Brasil (ANA, 2001b);
- ZANE (Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico) (Embrapa Solos, 2000);
- Cadastro da Fruticultura Irrigada do Nordeste do Brasil (CODEVASF, 2001);
- Informações censitárias dos municípios da área estudada, STATCART - Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciadas (IBGE, 2002b).

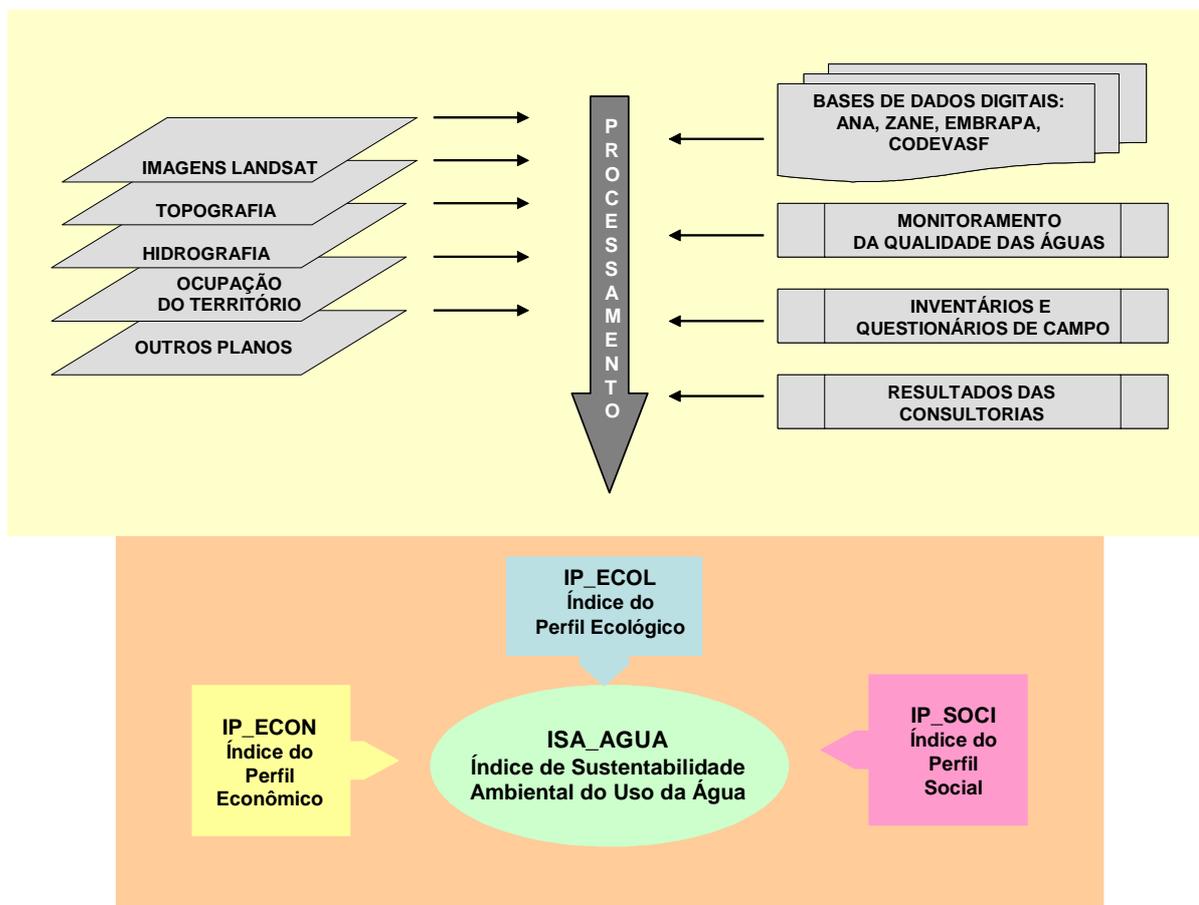


Fig. 2.5. Esquema metodológico geral do tratamento da informação.

Para o processamento em ambiente de SIG, foram empregados diferentes programas, sendo o ArcMap8.2[®] (ESRI, 2001) o software básico para a espacialização, edição e saídas gráficas dos resultados. Para os procedimentos de tratamento digital das imagens de satélite e processamento digital das bases vetoriais e raster, utilizou-se o IdrisiWin2.0[®] (Eastman, 2000).

2.4. Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA)

As análises foram realizadas isoladamente para cada um dos perfis (ecológico, econômico e social), através de matrizes de correlação das variáveis e das unidades geográficas de estudo, gerando ao final os índices específicos IP_ECOL, IP_ECON e IP_SOCI.

A análise fatorial identificou, entre todas as variáveis utilizadas em cada perfil, aquelas que mais se correlacionam e interferem nos fenômenos observados em cada unidade geográfica; possibilitando, ainda, identificar, por meio das cargas fatoriais, a variável ou o conjunto de variáveis (fatores) que mais caracteriza e discrimina as unidades de análise frente ao universo em estudo.

O tratamento seguinte é a análise de agrupamento, pela qual são formadas classes homogêneas das unidades geográficas, de maneira hierárquica, para cada perfil. Neste trabalho

foram definidas quatro classes, representando os índices elevado, alto, regular e baixo, expressos em mapas temáticos específicos nas cores azul, verde, amarelo e vermelho, respectivamente.

O mesmo procedimento estatístico foi adotado para o cálculo do ISA_AGUA, integrando todas as variáveis dos perfis ecológico, econômico e social numa única matriz de correlação.

A espacialização destes índices na forma de mapas temáticos, utilizando o SIG, permite a integração de diferentes planos de informação e, assim sendo, a elaboração de zoneamentos das unidades geográficas segundo o tema ou característica de interesse, constituindo-se em importante instrumento de planejamento para políticas públicas, subsidiando as tomadas de decisão na definição das prioridades.

2.5. Considerações Finais

Em se tratando de um trabalho de avaliação no âmbito regional, a utilização das modernas técnicas e métodos somente foi possível pelo desenvolvimento e disponibilidade de ferramentas de campo e de programas computacionais de elevado desempenho, bem como pela dedicação da equipe de pesquisadores, técnicos e dos parceiros do projeto.

Esta abordagem metodológica permitiu o levantamento e cruzamento de informações que ainda não haviam sido analisadas conjuntamente, gerando um resultado que permitirá aos gestores dos recursos hídricos conhecer os problemas, as causas e indicar as ações que possam ser tomadas para que os problemas encontrados sejam eficazmente solucionados.

2.6. Referências

- ANA. **Hidrogeo** – Base cartográfica: regiões e estados do Brasil: versão preliminar. Brasília, 2001a. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, 7).
- ANA. **Hidrogeo** – Mosaicos georreferenciados: regiões e estados do Brasil. Brasília, 2001b. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, 8).
- ANDRADE, T. A. Métodos estatísticos e econométricos aplicados à análise regional. In: HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. de C.; BOISIER, S.; ANDRADE, T. A. (Ed.). **Economia regional: teorias e métodos de análise**. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989. p. 427-507.
- ANP. **Petróleo e derivados, abastecimento, consulta de postos**: 2002. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 21 maio 2002.
- ARMITAGE, D. An integrative methodological framework for sustainable environmental planning and management. **Environmental Management**, New York, v. 19, n. 4, p. 469-479, 1995.
- BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1980. 116 p.

BUSSAD, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. de. Introdução à análise de agrupamentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 9., 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABE, 1990. p. 106.

CODEVASF. **Cadastro da fruticultura irrigada**. Brasília, 2001. 1 CD-ROM. Versão preliminar.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Listagem dos jazimentos minerais** [2000]. Folhas: Serra Talhada, Jaguaribe, Jacobina, Belém do São Francisco. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 8 set. 2002.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows**: release 2.0. Worcester: Clark University, 2000. 1 CD-ROM.

EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil**: diagnóstico e prognóstico - ZANE digital. Fernando Barreto Rodrigues e Silva et al. Recife: Embrapa Solos-Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. (Embrapa Solos. Documentos, n. 14). 1 CD-ROM.

ESRI. **ArcMap**: release 8.2. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2001. 1 CD-ROM.

FIEB. **Guia industrial do estado da Bahia**: 2002. Disponível em: <<http://www.fieb.org.br>>. Acesso em: 12 mar. 2002.

FIEPE. **Cadastro industrial de Pernambuco**: 2000. Disponível em: <<http://www.fiepe.org.br>>. Acesso em: 14 mar. 2002.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2002. Rio de Janeiro, 2002a. 195 p. (Estudos e Pesquisas. Informação geográfica, n. 2).

IBGE. **Base de informações municipais**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2002b. CD-ROM.

NEHER, D. Ecological sustainability in agricultural systems: definition and measurement. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 2, n. 3, p. 51-61, 1992.

NIJKAMP, P. Regional sustainable development and natural resource use. In: WORLD BANK ANNUAL CONFERENCE ON DEVELOPMENT AND ECONOMICS, 1990, New York. **Proceedings...** Washington, D.C.: World Bank, 1990. p. 124-139.

OECD. **Sustainable development**: OECD policy approaches for the 21st century. Paris, 1999. 196 p.

OECD. **Towards sustainable development**: indicators to measure progress. Paris, 2000. 420 p. Proceedings of the Rome Conference, held in december 15-17, 1999.

ONU. Divisão para o Desenvolvimento Sustentável. **Indicators of sustainable development**: guidelines and methodologies: 2001. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2002.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Instituto Ambiental do Paraná. **Coletânea de textos traduzidos**: valoração do meio ambiente, custos da poluição e benefícios da proteção ambiental:1. O valor econômico do meio ambiente: 2. Princípios da valoração de impactos ambientais: 3. Custos da poluição ambiental e benefícios da proteção do meio ambiente. Curitiba: IAP-GTZ, 1994. Paginação irregular.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas**: sistema de codificação. Brasília: [s.n.], 1989. Não paginado. Não publicado.

SAS INSTITUTE. **The SAS system**: release 8.2. Cary: SAS Institute, 1999. 1 CD-ROM.

SMYTH, A. J.; DUMANSKI, J. A framework for evaluating sustainable land management. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 401-406, 1995.

Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL)

Luiz Carlos Hermes
Cláudio César de Almeida Buschinelli
Ronilton Evandro Machado
Célia Maria Maganhotto de Souza Silva
Elisabeth Francisconi Fay

Para a construção do perfil ecológico (IP_ECOL) foram calculados vários índices intermediários elaborados a partir dos dados coletados em campo e do tratamento digital da base cartográfica. Os índices derivados da base cartográfica digital e das imagens de satélite são expressos com a terminação SAT. A seguir, descrevem-se os índices da base cartográfica e os derivados do monitoramento da qualidade das fontes de água e de outras estimativas elaboradas a partir dos questionários e avaliações de campo.

3.1. Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT)

O ICV_SAT deriva do Índice de Vegetação (IV), parâmetro normalmente utilizado para estimativa da densidade de biomassa verde na superfície terrestre, por meio do processamento digital de imagens de satélite (Richardson & Wiegand, 1977). Os valores de IV são obtidos pela razão entre a intensidade de luz refletida pela superfície nas faixas espectrais do infravermelho e do vermelho. Tal razão, normalmente expressa numa escala entre 0 (zero) e 255, obedece a relação de que quanto maior o valor, mais densa e vigorosa será a biomassa vegetal presente (Huete, 1985).

Romanowicz et al. (1993) consideraram o IV útil para a avaliação da capacidade da bacia hidrográfica em retardar o escoamento superficial, reter os sedimentos e minimizar os efeitos da erosão laminar. É importante, também, para o levantamento de remanescentes florestais e demais formações vegetais existentes no território, bem como para identificação de áreas irrigadas.

A região do Submédio São Francisco apresentou valores de IV bastante baixos, característicos de zonas de clima semi-árido. Os valores originais médios do IV das sub-bacias foram escalonados entre 0 e 1 e, posteriormente, submetidos às análises estatísticas para a geração do Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT). Este índice foi agrupado em quatro classes de valores: ICV_SAT elevado (cor azul), ICV_SAT alto (cor verde), ICV_SAT regular (cor amarela) e ICV_SAT baixo (cor vermelha) (Fig. 3.1).

O mapa temático da Fig. 3.1 revela uma grande variação na cobertura vegetal da região. Os valores mais elevados de ICV_SAT ocorrem em dois setores distintos, no extremo sudeste e no extremo sudoeste do Submédio e, provavelmente, ocupam zonas de transição com outros biomas ou recebem influência de massas de ar mais úmidas vindas do sul e sudeste.

No extremo sudeste existe um grupo compacto de sub-bacias com ICV_SAT elevado, formado pelas sub-bacias do Rio Moxotó (8), Riacho do Navio (9), Riacho S. Domingos (10), Riacho da Posse (11), Médio Baixo Pajeú (12) e Baixo Pajeú (13). Na porção sudoeste, destacam-se as sub-bacias do Riacho Basaú (27), Riacho do Morim (32), Alto Salitre (33) e Vereda da Canavieira (34).

O grupo formado pelas sub-bacias com alto valor de ICV_SAT encontra-se mais fragmentado que a categoria anterior, e suas sub-bacias estão situadas nos limites do Submédio, demonstrando forte dependência do relevo, caso da Chapada do Araripe e das sub-bacias do Riacho da Brígida (1) e Médio Alto Pajeú (5); ou por influência de condições mesoclimáticas, caso da Barragem de Sobradinho e das sub-bacias do Riacho do Mocó (21) e Riacho Tanque Real (23), entre outras.

As áreas com índice regular de cobertura vegetal, coloridas em amarelo no mapa, apresentam alguma tendência de agregação, estando principalmente concentradas na porção central do Submédio, com destaque para as sub-bacias do Riacho Terra Nova (3), Riacho S. Cristóvão (4), Riacho Ipueira (14) e Riacho das Graças (18). No outro extremo da escala de avaliação, encontra-se somente uma sub-bacia com valor baixo de ICV_SAT, a sub-bacia do Riacho Poção (35), representada em vermelho no mapa.

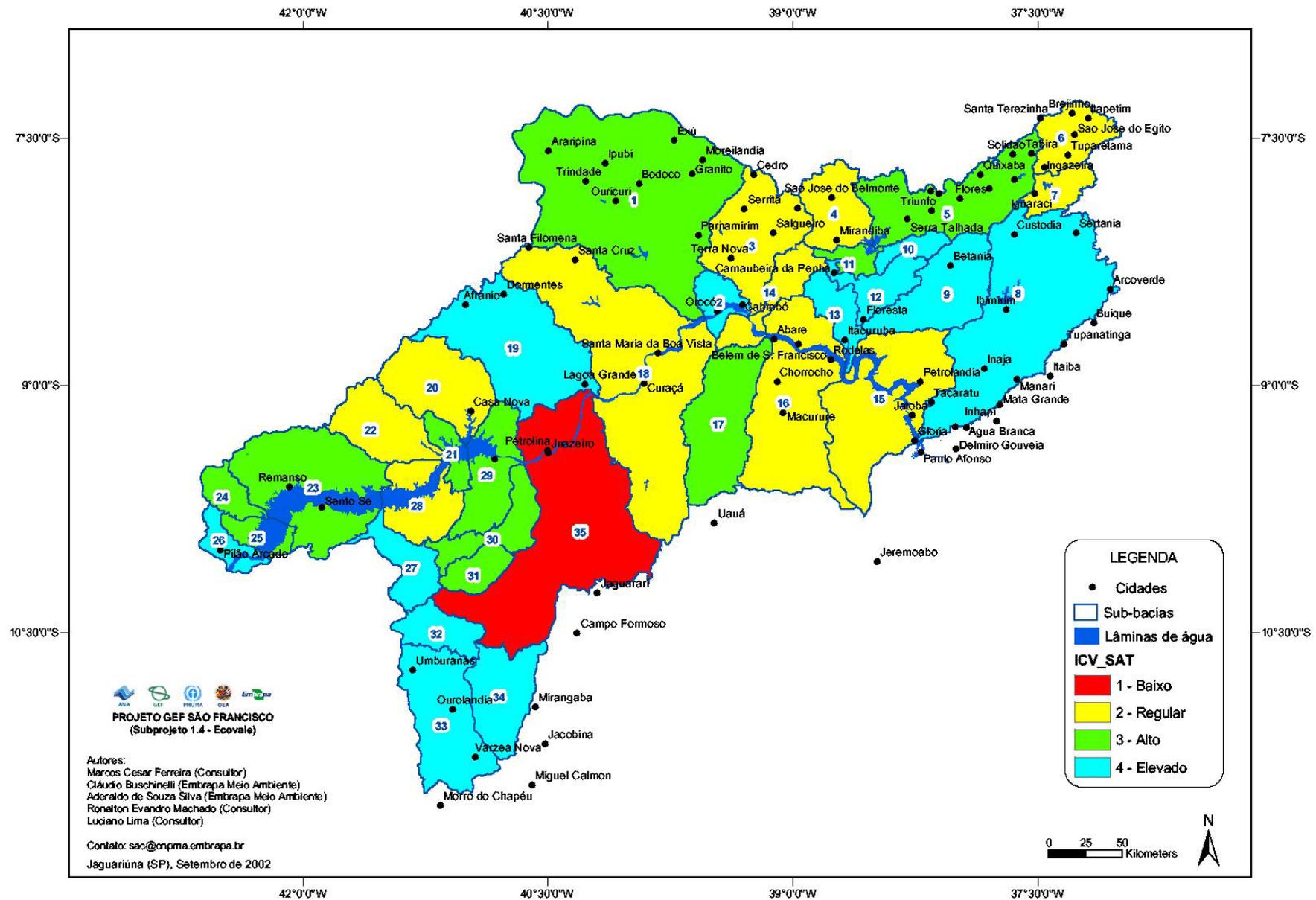


Fig. 3.1. Índice de cobertura vegetal (ICV_SAT) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

3.2. Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT)

A regionalização de sub-bacias hidrográficas para fins de zoneamento ambiental é geralmente realizada com base em grupos de variáveis espaciais, indicadoras de condições favoráveis e desfavoráveis a impactos no meio físico, em especial sobre os recursos hídricos. Vários autores destacam a importância destas avaliações espaciais, tanto pela versatilidade como pela rapidez das análises digitais realizadas sobre a base cartográfica (Romanowicz et al., 1993; Howard, 1990; Ferreira, 1997).

Para a composição do IDS_SAT, foi utilizado um conjunto de variáveis que influíram na potencialidade dos processos erosivos. O Índice de Relevância informa sobre a capacidade da sub-bacia em retirar solo das vertentes, embora isoladamente não contemple informações sobre a eficiência da rede de drenagem em transportar os sedimentos erodidos das encostas. A erodibilidade de uma sub-bacia deve também incluir elementos que possibilitem uma associação entre a energia potencial do relevo e a densidade de rios.

Nesse sentido, foi elaborado um novo índice, derivado do Índice de Erodibilidade Potencial -IEP, que associa o Índice de Relevância (IRL) ao Índice de Escoamento Fluvial (IEF). O IEP é definido pela seguinte equação:

$$IEP = 100.IEF.IRL \quad (1)$$

Este índice, calculado para cada sub-bacia, originou, por sua vez, o Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT) após o tratamento estatístico, representado espacialmente na Fig. 3.2. O mapa é dominado pelas cores azul e verde, representando as sub-bacias com grau de degradação potencial dos solos baixo e regular, respectivamente.

As sub-bacias agrupadas na classe amarela do mapa e com valores regulares de IDS_SAT são bem menos representativas em número, estando próximas da porção sudoeste do Submédio, como as sub-bacias do Riacho Basaú (27) e Riacho do Morim (32), ou na porção centro-norte, como a sub-bacia do Riacho da Posse (11).

Elevado IDS (cor vermelha) é apresentado por uma unidade de sub-bacia com elevada susceptibilidade à erosão, trata-se da sub-bacia do Baixo Sobradinho (29), exatamente onde está localizada a Barragem de Sobradinho.

Em complemento às informações que constam da Fig. 3.2, confeccionaram-se mapas hipsométricos de sub-bacias, respectivamente com alto, médio e baixos valores de Índice de Relevância e de Índice de Erodibilidade. Esses mapas foram obtidos por meio de interpolação de curvas de nível obtidas de cartas topográficas na escala 1:100.000, posteriormente convertidos em modelos digitais de altitudes e representados segundo categorias altimétricas. O Índice de Relevância (IRL) mostra que as sub-bacias mais predispostas a desencadear processos de escoamento rápido nas encostas são Médio Baixo Sobradinho (28), Riacho do Morim (32), Alto Salitre (33), Pilão Arcado (26) e Baixo Salitre (30), além de Riacho S. Domingos (10), Riacho da Posse (11) e Médio Baixo Pajeú (12), entre outras.

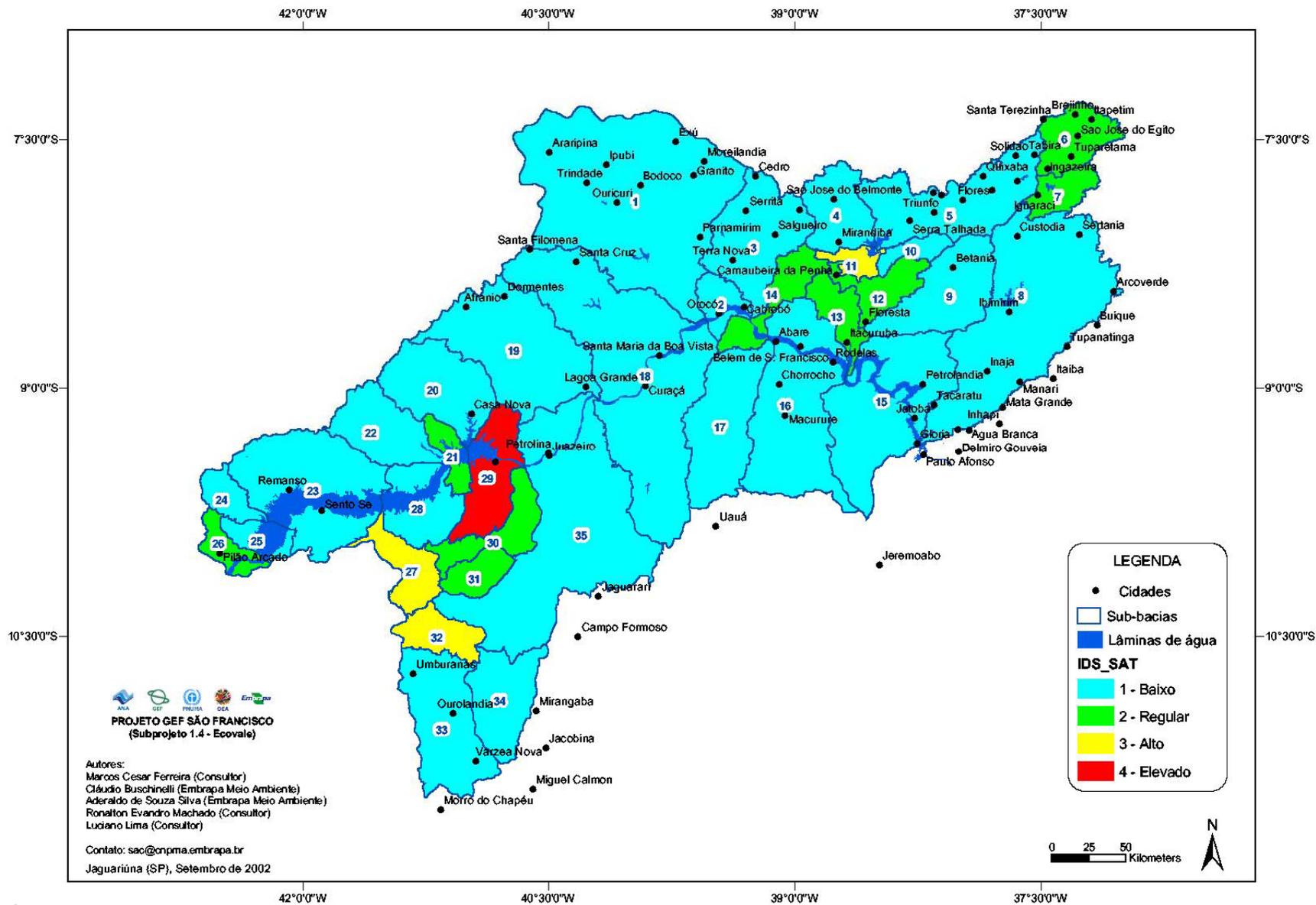


Fig. 3.2. Índice de degradação potencial dos solos (IDS-SAT) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

3.3. Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT)

A região do Submédio difere demograficamente, de forma marcante, de outras áreas dentro da Bacia do rio São Francisco, como a do Alto São Francisco. As sub-bacias do Submédio São Francisco não se constituem em porções do território brasileiro cuja presença urbana seja um fato relevante. São, por outro lado, exemplos de sub-bacias com baixos valores de área urbanizada, dado o perfil eminentemente rural dessa região do Nordeste brasileiro, e sua expressão espacial é um fator importante na avaliação global da exploração do território.

O parâmetro primário usado é o Índice de Urbanização (IUB), que é definido pela razão entre a área urbanizada (A_{ub}) e a área superficial da sub-bacia (A_b), e expresso em valores percentuais:

$$IUB = (A_{ub}/A_b).100 \quad (2)$$

O índice de Densidade Urbana (IDU_SAT), apresentado na Figura 3.3, deriva do IUB após o tratamento estatístico, demonstrando o predomínio de sub-bacias com valores baixos (cor azul) e regular (cor verde) de adensamento urbano, já que estas cores sobressaem no mapa.

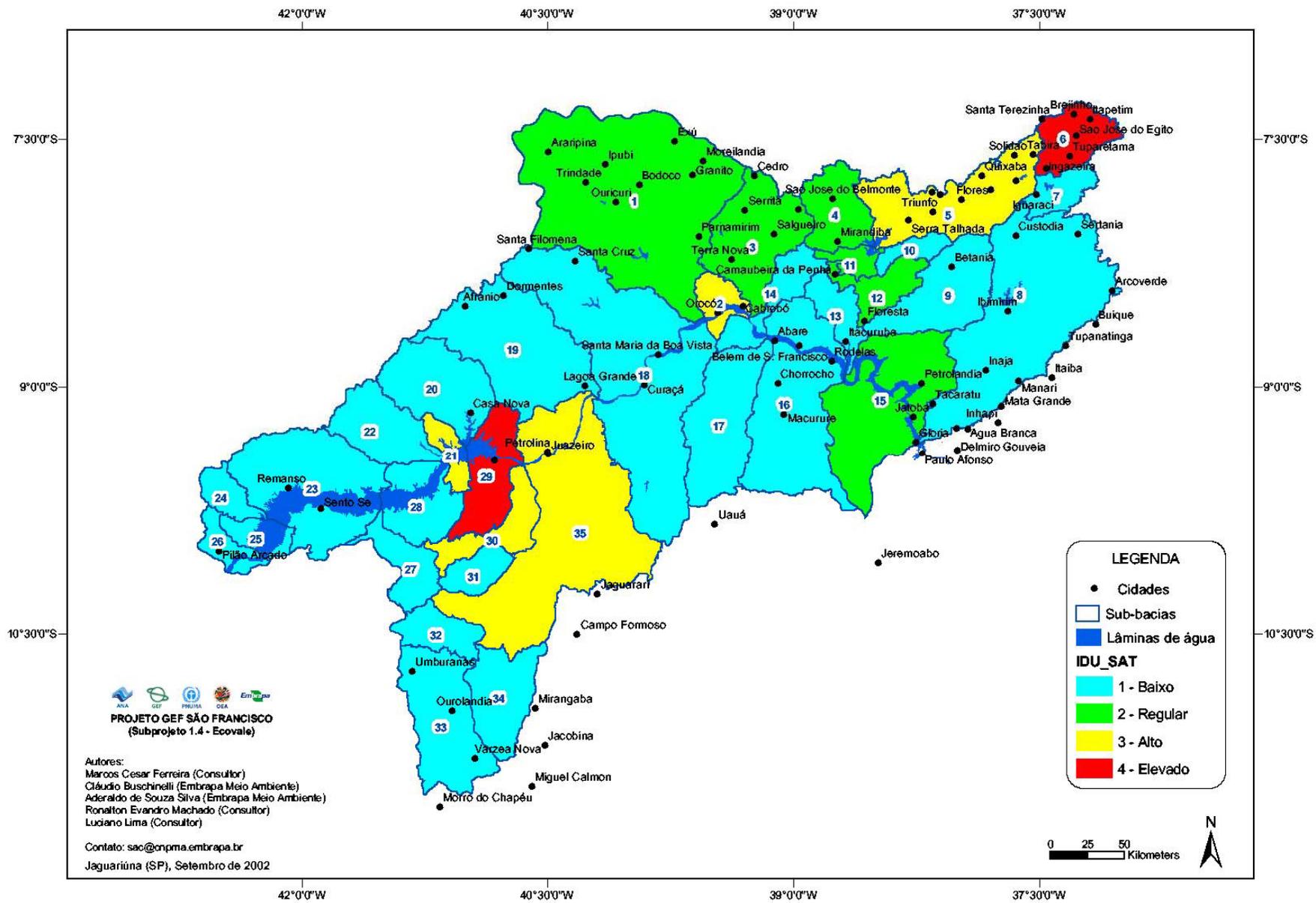


Fig. 3.3. Índice de densidade urbana (IDU_SAT) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

As áreas com altos valores (cor amarela) de IDU_SAT incluem a sub-bacia do Médio Alto Pajeú (5), no nordeste da região, e a sub-bacia Riacho Poção (35), cujo adensamento é diluído pelo tamanho relativo da sub-bacia, mesmo concentrando grandes áreas urbanizadas, como Petrolina e Juazeiro (Figura 3.4).



Fig. 3.4. Vista da cidade de Petrolina, PE, a partir da margem direita do São Francisco.

As sub-bacias com valores elevados e representadas em vermelho no mapa são pouco significativas numericamente, incluindo a sub-bacia do Baixo Sobradinho (29), e a sub-bacia do Alto Pajeú (6), com essa última, localizada no extremo nordeste da região, concentrando um número relativamente grande de pequenas cidades em uma pequena área territorial.

Na avaliação de vulnerabilidade aos impactos ambientais em escala de sub-bacias hidrográficas, o Índice de Densidade Urbana é de extrema importância, pois agrega o potencial de geração de poluentes orgânicos, minerais e industriais de alto potencial contaminante. Tal índice pode revelar, inclusive, a predisposição da sub-bacia em contribuir para a alteração do regime de cheias e principalmente interferir no consumo de estoque hídrico de vazante de sub-bacias maiores (Ferreira, 1997).

Em função das limitações climáticas, seja pela baixa entrada de água no sistema hidrológico ou pela rápida saída ocasionada pela ação dos agentes de evaporação (radiação solar, ventos) e baixa capacidade de retenção de água no solo, os baixos valores de IDU_SAT das sub-bacias da região podem representar impactos de grande magnitude. Isso se deve à fragilidade das sub-bacias situadas em áreas de transição entre o clima tropical e o semi-árido brasileiro.

3.4. Índice de Degradação Ambiental Potencial (IDA_SAT)

Integrando-se os índices anteriores (ICV_SAT, IDS_SAT e IDU_SAT), calculados para as 35 sub-bacias hidrográficas, obteve-se o Índice de Degradação Ambiental Potencial do Uso da Água (IDA_SAT), que pode ser utilizado como importante parâmetro de diagnóstico das condições de favorecimento às alterações da qualidade dos recursos hídricos do Submédio São Francisco, além de fornecer um zoneamento das áreas críticas para o monitoramento e gestão ambiental. Após o tratamento estatístico, as sub-bacias hidrográficas foram reclassificadas em quatro categorias de IDA_SAT: baixo, regular, alto e elevado, com as cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente (Fig. 3.5).

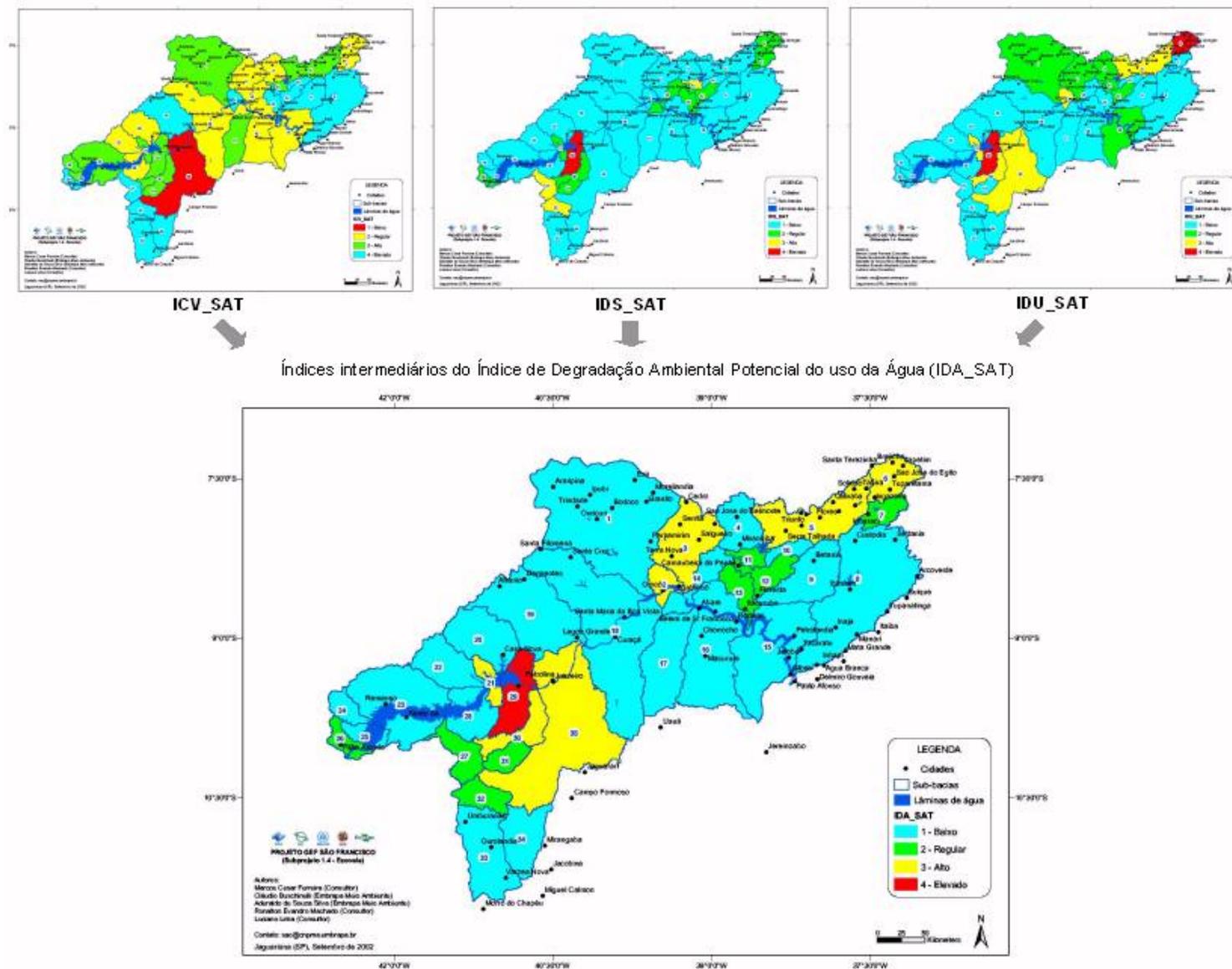


Fig. 3.5. Índice de degradação ambiental potencial do uso da água (IDA_SAT) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

Essas categorias (Fig. 3.5) devem ser utilizadas como unidades de gestão e monitoramento ambiental, em um contexto global do Submédio São Francisco, conforme descrito a seguir:

ZONA I - RISCO BAIXO: medidas a serem implementadas em longo prazo

Esta unidade integra a maior parte da região, ocupando cerca de 88.000 km² ou 71% do território do Submédio, o que confere ao mapa um predomínio da cor azul (Figura 3.5.). Reúne um total de 19 sub-bacias, situadas principalmente na porção noroeste e sudeste do Submédio São Francisco, definindo uma zona contínua formada pelas sub-bacias do Riacho da Brígida (1), Riacho das Graças (18), Riacho Pontal (19), Riacho Campo Largo (20), Riacho Grande (22), Riacho Tanque Real (23), dentre outras situadas ao redor da Barragem do Sobradinho, e as sub-bacias do setor sudeste: Riacho da Vargem (17), Alto Itaparica (16), Riacho Barreira (15), Riacho do Navio (9) e Rio Moxotó (8). Recomenda-se, para essa zona, a adoção de medidas preventivas em longo prazo, quanto à regeneração e à preservação da cobertura vegetal original, à normalização da ocupação rural em encostas mais íngremes e a programas de monitoramento da qualidade da água.

Trata-se de uma zona apta à implantação de unidades de conservação (áreas de proteção ambiental) associadas aos programas de educação ambiental voltados à população local.

ZONA II - RISCO REGULAR: medidas a serem implementadas de médio a longo prazo

Com menor expressão geográfica, em relação a anterior, ocupando cerca de 9.230 km² ou 7% do território analisado, esta unidade inclui oito sub-bacias representadas em verde no mapa (Figura 3.5). Estas sub-bacias se concentram em dois setores distintos. No extremo oeste, estão as sub-bacias do Pilão Arcado (26), Riacho Basaú (27), Rio Pacuí (31) e do Riacho do Morim (32); e, na porção centro-leste, destacam-se as sub-bacias do Riacho da Posse (11), Médio Baixo Pajeú (12) e Baixo Pajeú (13). Sendo área de transição entre as zonas de baixo e alto risco, as sub-bacias do Riacho do Pau do Fumo (7) e Riacho do Morim (32) atuam como zonas tampão, evitando que as sub-bacias situadas na Zona I sofram os impactos das sub-bacias em estado mais crítico, devido à expansão urbana ou ocupação de encostas (Figura 3.5).

As mesmas recomendações feitas para a Zona I são válidas para esta unidade, havendo, no entanto, necessidade de um maior cuidado e intensidade de mecanismos de controle e gestão ambiental, em função da relativa vulnerabilidade apresentada pela capacidade de suporte das sub-bacias aos impactos ambientais presentes.

ZONA III - RISCO ALTO: medidas a serem implementadas em médio prazo

Esta unidade (Fig. 3.5), segunda em importância geográfica por ocupar 25.016 km² ou 20% da região, está representada no mapa, na cor amarela. As sete sub-bacias desta categoria estão distribuídas por distintas zonas, sendo reconhecidas em três grandes manchas compactas. A maior delas reúne as sub-bacias do Riacho Poção (35) e do Baixo Salitre (30), na porção sudoeste. A segunda mancha é formada pelas sub-bacias do Médio Alto Pajeú (5) e Alto Pajeú (6), no extremo nordeste da região. O terceiro grupo é formado pelas sub-bacias do Riacho Paredão (2) e Riacho Terra Nova (3), situadas no norte do Submédio.

Vale destacar a maior concentração de pequenas cidades, embora dispersas pelo território das sub-bacias destas duas últimas manchas, o que pode representar maior potencial de degradação e de conflitos de interesse no uso dos recursos naturais disponíveis. Recomenda-se, para essa zona, a implantação, em médio prazo, de medidas mitigadoras de impactos, que favoreçam a qualidade da água, tais como: estações de tratamento de efluentes domésticos, reposição da mata ciliar, medidas de contenção da erosão laminar e programas de educação ambiental.

ZONA IV - RISCO ELEVADO: medidas a serem implementadas em curto prazo

Esta unidade está formada por uma única sub-bacia, Baixo Sobradinho (29), e ocupa pouco mais de 2.500 km² ou 2% do território total. Porém, por estar situada na porção inicial do Submédio, ou seja, a montante da maior concentração urbana da região, ocupa um local estratégico para as comunidades instaladas a jusante.

Recomenda-se para essa zona de alto risco à degradação ambiental, a adoção de políticas públicas urgentes com a finalidade de corrigir os efeitos da urbanização, da erosão, uso e ocupação intensiva dos solos, do lançamento de efluentes urbanos e industriais em áreas de mananciais, entre outras medidas corretivas. Também são medidas urgentes e recomendáveis: implantação de sistemas de monitoração da qualidade da água; adoção de políticas de saúde pública e saneamento; e projetos de educação ambiental. Essas medidas devem ser tomadas em um contexto global de gestão do território, envolvendo diversos atores e parcerias, organismos internacionais, organizações não-governamentais e órgãos governamentais ligados à saúde, meio ambiente, habitação e educação.

3.5. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Superficiais (IQU_ASUP)

No ciclo hidrológico, a água sofre alterações na qualidade, em condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do ambiente. Isto é consequência da utilização dos recursos hídricos para o suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias e da agricultura, e das alterações dos solos urbano e rural.

A principal ferramenta analítica utilizada para a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio São Francisco foi a sonda multiparâmetros, dotada de sensores específicos, que medem "in loco" diferentes parâmetros de qualidade das águas, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Parâmetros avaliados por sonda multiparâmetro e suas respectivas unidades.

Parâmetro	Temperatura	Condutividade Elétrica	Sólidos Totais Dissolvidos	Salinidade	Oxigênio Dissolvido	Profundidade	pH
Unidade	°C	uS cm ⁻¹	g L ⁻¹	g L ⁻¹	mg L ⁻¹	m	
Parâmetro	Potencial Redox	Ion Amonio	Amônia	Cloreto	Nitrato	Turbidez	Clorofila-a
Unidade	mV	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	NTU	ug L ⁻¹

O mapa apresentado na Figura 3.6, mostra a localização dos 2.136 pontos de amostragem, georreferenciados, utilizados no inventário da qualidade das águas superficiais e subterrâneas da região em estudo. Os mananciais superficiais foram sub-divididos em dois grupos principais: os localizados na calha do rio São Francisco, somando um total de 50 amostras ilustradas por círculos verdes; e o grupo referente aos demais tributários e açudes das sub-bacias representados por círculos azuis, somando 103 pontos. Já as águas subterrâneas, representando um total de 1.983 pontos, são ilustradas por triângulos laranja. Em todos estes pontos foram analisados os parâmetros apresentados na Tabela 3.1. Entretanto, em locais onde as análises da sonda e a observação do entorno indicavam provável presença de carga orgânica e/ou industrial, também foram monitorados dados bacteriológicos (quadrados roxos) e metais pesados (pentágonos vermelhos).

Observa-se no mapa que existiu uma boa cobertura territorial dos pontos amostrais, havendo uma maior concentração de coleta de amostras de água nos locais de elevado consumo e exploração do recurso natural.

Dentro do universo dos dados de qualidade das águas superficiais, o Fator 1 (fator principal, apontado pela análise estatística rotacional) reúne os parâmetros de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, cloreto e íon amônio (NH_4^+). No Fator 2, estão amônia (NH_3), pH, temperatura e oxigênio dissolvido. Esses fatores são extremamente interdependentes e contribuem fortemente para a determinação do estado de desequilíbrio em diversos locais. Por último, como Fator 3, têm-se: turbidez, clorofila-a e nitrato.

Na Fig. 3.7, são apresentados os teores de sais dissolvidos (STD) das fontes hídricas superficiais amostradas. Estes valores foram muito mais elevados fora da calha do rio. Esta é uma característica típica de corpos de água em regiões semi-áridas, onde os solos normalmente possuem teores elevados de sais. Esses valores foram mais acentuados junto às áreas de drenagem dos perímetros irrigados, localizados próximos ao rio São Francisco, abrangendo desde Casa Nova na sub-bacia do riacho Campo Largo (20), passando por Petrolina e Juazeiro na região central e estendendo-se com bastante intensidade até a sub-bacia do Riacho Paredão (2) em Cabrobó. Avançando mais para o extremo sudoeste, estes valores diminuíram, nas áreas do Riacho Barreira (15) onde a irrigação é menos intensa, voltando a aumentar na região de Petrolândia.

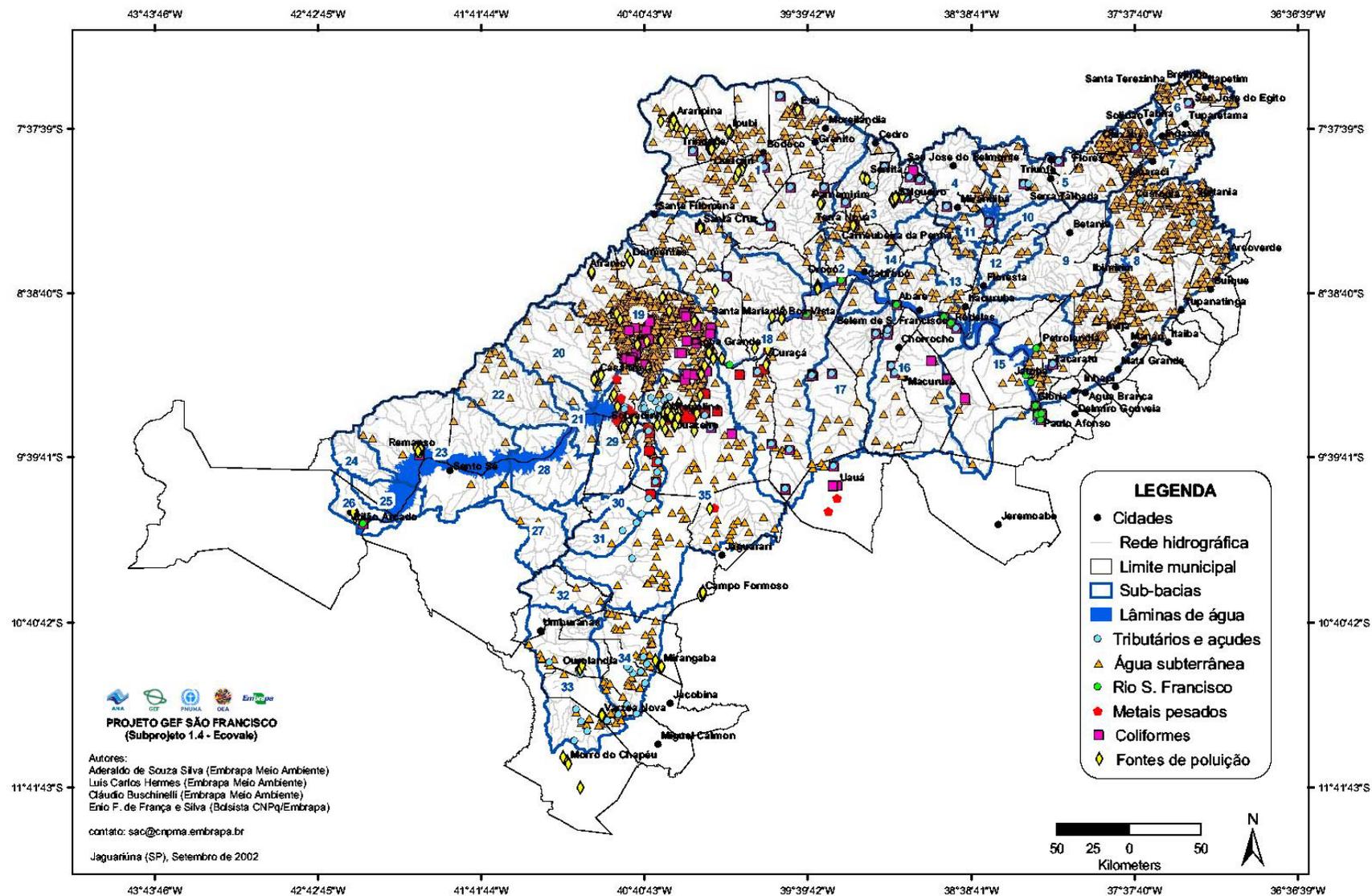


Fig. 3.6. Localização georreferenciada dos pontos de amostragem, fontes de poluição e inventário das fontes de água da região do Submédio São Francisco.

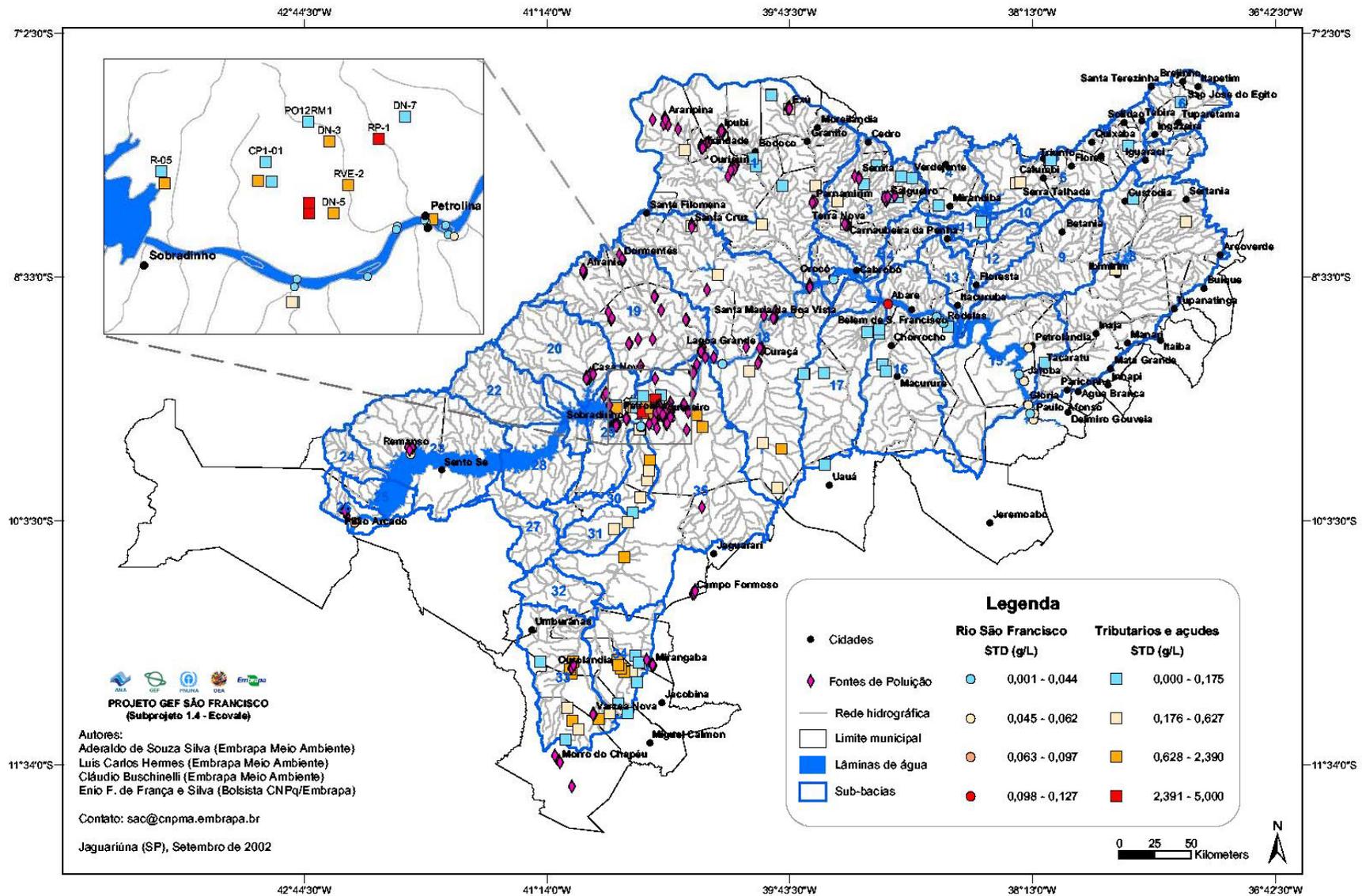


Fig. 3.7. Qualidade das águas superficiais na região do Submédio São Francisco em função dos resultados das análises de STD.

A Fig. 3.8 apresenta em maior detalhe a rede hídrica da microbacia do Riacho Vitória, a qual serve como rede de drenagem para um dos maiores perímetros de irrigação no município de Petrolina, o Senador Nilo Coelho.

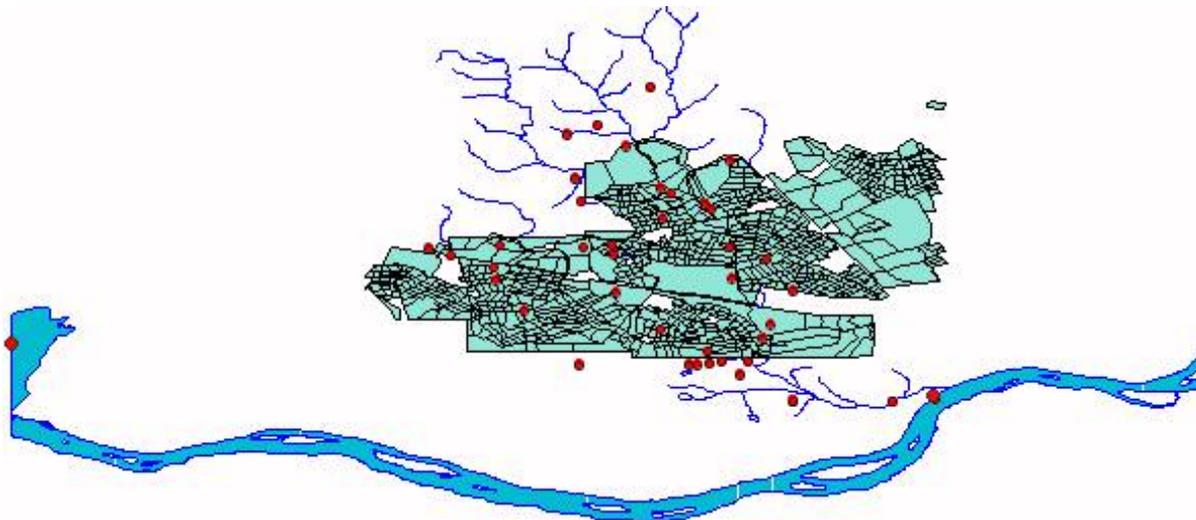


Fig. 3.8. Perímetro irrigado na microbacia do Riacho Vitória, Petrolina, PE.

Por esta microbacia passam canais de irrigação que alimentam os lotes de produção (Fig. 3.9). Nestes canais a concentração de sais esteve próxima a da área de captação principal na barragem de Sobradinho ($0,04 \text{ g L}^{-1}$ de STD). Nestas áreas, onde ocorre influência direta da propriedade e onde o manejo da água não está em equilíbrio com o sistema de produção, ocorre uma perda grande de sais, podendo em alguns locais exceder a $5,0 \text{ g L}^{-1}$.

O uso dessas águas, sob condições inadequadas de manejo, produz uma gradativa salinização dos solos, principalmente ocasionada por problemas de falta drenagem. Isto provoca um aumento progressivo de áreas-problemas no curso de drenagem natural das sub-bacias hidrográficas, notadamente no período das chuvas. Nessa época, estas águas são carregadas para o rio São Francisco, interferindo no tratamento das mesmas para consumo humano e para ictiofauna, fauna e flora, normalmente presentes.

A sub-bacia do rio Salitre, localizada na região sudoeste do Submédio São Francisco, possui uma área de 13.468 km^2 , englobando os municípios de Mirangaba, Ourorândia, Várzea Nova e Umburanas. Fora de sua área estão as sedes municipais de Morro do Chapéu, Jacobina, Miguel Calmon, Campo Formoso e Juazeiro.

Nesta sub-bacia, predominam rochas dos grupos Bambuí e Chapada Diamantina, seguida dos Calcários, Caatinga e manchas dos grupos de rocha Jacobina, Cabrobó e Salitre, na extremidade norte. São muito comuns, na região, grandes grutas e sumidouros onde o rio Salitre e alguns afluentes desaparecem e voltam a aparecer em outro local (Fig. 3.10, 3.11. e 3.12.). Onde o rio ressurge, normalmente as águas são barradas, beneficiando apenas o proprietário da terra. A jusante, as comunidades dependem da água empoçada pela chuva ou das fontes subterrâneas. Em outros locais, a vazão é diminuída para aumentar o volume e facilitar o bombeamento para áreas irrigadas, principalmente no baixo Salitre. É uma região com muitos conflitos em relação ao uso e a "propriedade" da água. Situação, esta, comum nas microbacias de Caatinga do Moura, Taquari, Junco e de Campo dos Cavalos, localizadas na área de transição das sub-bacias do Baixo Salitre (30) e sudoeste da sub-bacia do riacho Poção (35).



Fig. 3.9. Riacho Vitória, tendo ao fundo os perímetros irrigados e o Rio São Francisco.



Fig. 3.10. Minadouro de água na sub-bacia do Salitre, município de Ouroândia, BA.



Fig. 3.11. Trecho perenizado do Salitre, município de Ouroândia, BA.



Fig. 3.12. Leito seco do Salitre, município de Várzea Nova, BA.

Os principais tipos de exploração na sub-bacia são a agricultura e a mineração, enquanto os problemas de saneamento estão mais presentes nos distritos, uma vez que as sedes municipais localizam-se, em sua maioria, fora da sub-bacia. É o que acontece no Baixo Salitre, onde as águas são, eventualmente, bombeadas do rio São Francisco e armazenadas em barragens sucessivas.

A região do Alto Salitre, onde estão localizados os municípios de Morro do Chapéu, Mirangaba, Ouroândia e Várzea Nova, apresentou uma maior dispersão das fontes de água, com variações nos teores de sais.

Os riscos de salinização dos solos foram medidos através da quantidade de sais dissolvidos presentes na água ou pela condutividade elétrica (CE) da água de irrigação. Para que não ocorra risco de salinização nos solos, estas medidas não devem exceder $0,45 \text{ g L}^{-1}$ de sais dissolvidos (equivalente a $0,70 \text{ dS m}^{-1}$). No entanto convém lembrar que, dependendo do tipo de solo (por exemplo: solos argilosos/siltosos e rasos) e do manejo da irrigação (aplicação de volume de água excessivo), o solo pode vir a tornar-se salino, mesmo quando irrigado com uma água de salinidade inferior a $0,70 \text{ dS m}^{-1}$. Os resultados obtidos demonstraram que, no período das chuvas, a quantidade de sais dissolvidos STD variou de $0,23 \text{ g L}^{-1}$, em um poço jorrante (Fig. 3.13), a $1,87 \text{ g L}^{-1}$ na água coletada em um lago, localizado a montante de uma área irrigada. A água para irrigação na entrada das parcelas irrigadas apresentava quantidade de sais de $1,06 \text{ g L}^{-1}$, enquanto no final da área irrigada era de $1,03 \text{ g L}^{-1}$. Pelo sistema adotado, as águas passam de uma área para outra; e, portanto, são altos os riscos para salinização dos solos (Fig. 3.14).



Fig. 3.13. Poços jorrantes em Caatinga do Moura.



Fig. 3.14. Área de Irrigação em Caatinga do Moura.

A região norte da sub-bacia onde se localizam os municípios de Ouricuri, Araripina, Trindade, Ipubí, dentre outros, é uma região de exploração de gesso, ocorrendo grande dissipação atmosférica de pó de gesso. Isto pode contribuir para que as águas superficiais apresentem um maior teor de sais dissolvidos, em concentrações limites para o consumo humano ($\leq 0,5 \text{ g L}^{-1}$) (CONAMA, 1986).

No sudeste, a partir dos municípios de Curaçá, Verdejante e Macururê, a qualidade das águas superficiais dos açudes e tributários apresentou uma tendência de redução dos níveis de salinidade das águas. Apenas alguns locais excederam $0,175 \text{ g L}^{-1}$ de sais dissolvidos.

Na calha do rio São Francisco também ocorreram variações significativas na quantidade de sais dissolvidos. Em 1.365 determinações, que abrangeram desde o município de Pilão Arcado, no extremo oeste do Submédio São Francisco, até o município de Paulo Afonso, no extremo sudeste, os valores médios encontrados foram de $0,042 \text{ g L}^{-1}$. Os valores mínimos foram distribuídos na maioria dos pontos da calha do rio, mas os valores mais significativos foram encontrados nas margens.

No extremo oeste, distrito de Passagem, município de Pilão Arcado, os sais foram detectados em concentrações de $0,700 \text{ g L}^{-1}$. A jusante das cidades de Petrolina e Juazeiro, os valores foram, respectivamente, $0,200$ e $0,120 \text{ g L}^{-1}$. Estes apresentaram estabilidade a partir de Lagoa Grande.

No sentido leste, a jusante de Abaré, ocorreu novo incremento, chegando a $0,105 \text{ g L}^{-1}$. No extremo sudeste, de Petrolândia, localizada às margens da barragem de Itaparica, até Paulo Afonso estes valores mantiveram-se num patamar acima da média, sendo o maior valor encontrado a jusante de Itaparica ($0,173 \text{ g L}^{-1}$).

É interessante observar que em alguns pontos onde foram obtidos os maiores valores de sais na água, também foram observados menores valores de oxigênio dissolvido (OD), indicando aporte de material orgânico a jusante das cidades de Petrolina, Juazeiro e Abaré. Outros locais mantiveram o nível de OD alto apesar de apresentarem STD elevado.

Determinações qualitativas de coliformes totais e fecais foram realizadas em 125 pontos da região. Estas análises foram mais concentradas na região central da sub-bacia

abrangendo os municípios de Petrolina e Juazeiro. Deste universo amostral, 33,6% indicaram a presença de coliformes totais e 20,8% de coliformes fecais. As dificuldades de acesso às áreas interioranas não permitiram a realização de um maior número de pontos, uma vez que há a necessidade de envio rápido das amostras para o laboratório localizado em Recife, PE.

Recentemente, foi desenvolvida a técnica de análise por fitas com meio de cultura liofilizado, o que possibilitará a avaliação quantitativa dos coliformes totais sem necessidade de laboratório especializado. Isto permitirá atender toda a região, o que poderá influenciar inclusive o quadro final da distribuição qualitativa das sub-bacias amostradas.

Variações constantes de pH são indicadores de desequilíbrios da carga iônica em corpos de água, indicando que o sistema natural de tamponamento não está em funcionamento. As variações do pH também interferem no uso que se pretende dar a esta água. Na agricultura, onde a água é utilizada em tanques de pulverização para diluição de agrotóxicos, especialmente os inseticidas organofosforados, valores de pH acima de 8,0 provocam a hidrólise das moléculas com perda da eficiência na aplicação e custo desnecessário para o produtor.

Na piscicultura, valores de pH e temperaturas elevados favorecem a transformação do íon amônio (NH_4^+) para a amônia total (NH_3), a qual em baixas concentrações é letal para peixes (0,2 a 2,0 mg L⁻¹). Este fato explicou algumas ocorrências de mortandade de alevinos em estações de piscicultura na região.

Na região do Submédio, a partir da barragem de Sobradinho, foram observados valores diferenciados de pH entre as margens direita e esquerda do rio São Francisco. Na margem esquerda, correspondente ao lado pernambucano, os valores aferidos foram sempre acima de 8,5. Já, na margem direita (Bahia), estes valores estiveram entre um mínimo de 7,7 e 8,0. Esta tendência foi observada até a montante do perímetro irrigado de Bebedouro, ainda no município de Petrolina (Fig. 3.15).

Na calha do rio, os valores de pH ficaram entre 6,9 e 8,9, com média de 7,95, não apresentando variações significativas, apesar destes valores estarem em escala logarítmica de 10. Assim, pequenas variações podem ser muito expressivas em fatores de estabelecimento de impactos (Fig. 3.15).

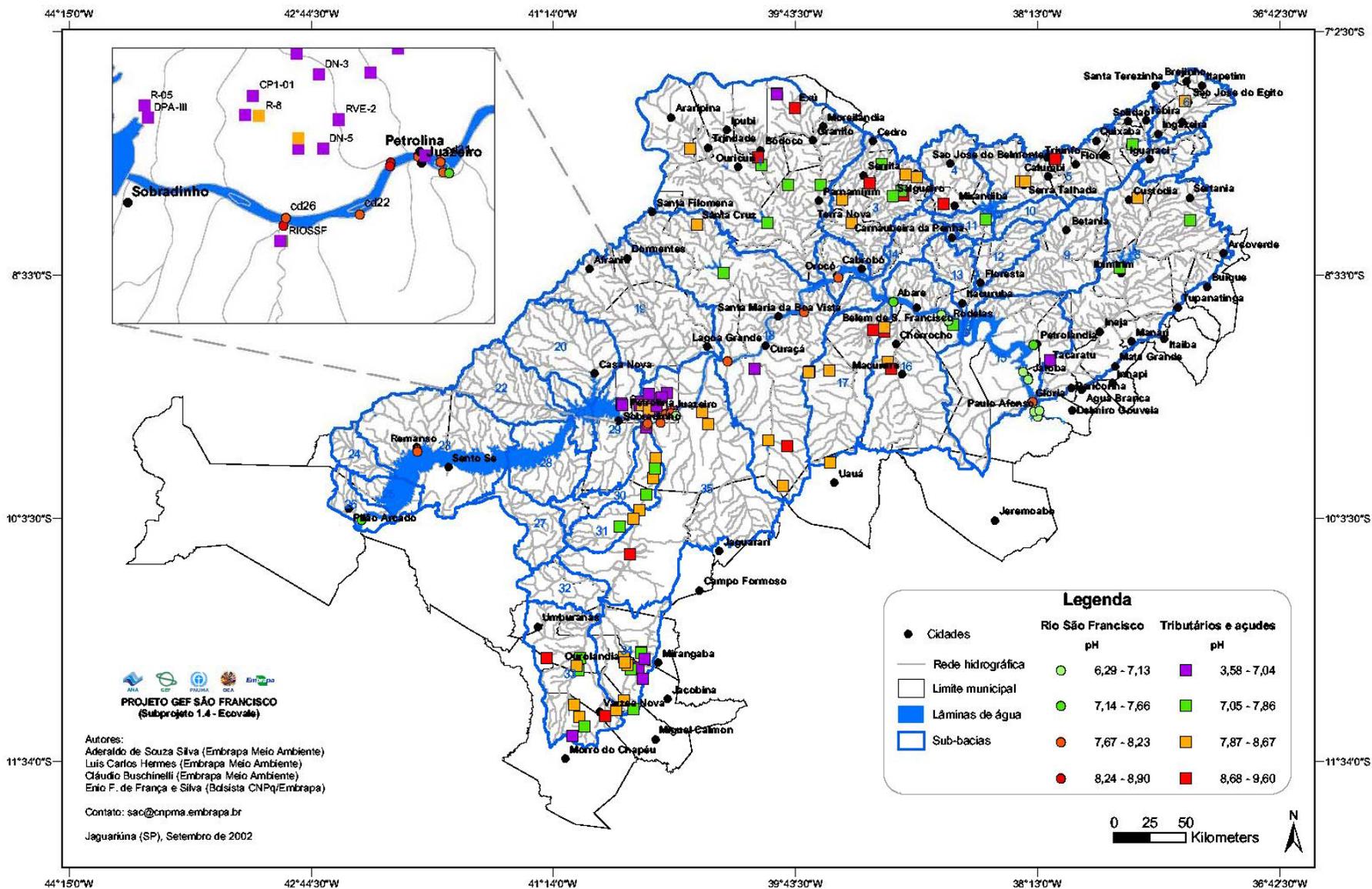


Fig. 3.15. Qualidade das águas superficiais na região do Submédio São Francisco, em função dos resultados das análises de pH.

Fora da calha do rio São Francisco também são encontradas variações de pH nos corpos de água. Como são pontos isolados e devido às secas, podem refletir a própria característica geológica da região.

Em outros casos, principalmente em barragens novas onde ainda permanece uma grande quantidade de material verde, os valores foram superiores a 9,0. Em outros locais, esses valores estiveram abaixo de 5,0, como no caso de alguns pontos no Alto Salitre, em que as águas apresentaram cor característica (Fig. 3.16) de indicação da presença de ácidos, produtos da decomposição da matéria orgânica.



Fig. 3.16. Sumidouro de barragem no Alto Salitre.

As análises das águas superficiais, obedecendo ao critério de sua distribuição espacial, mostraram diferenças significativas de acordo com os fatores agrupados. Na Fig. 3.17, observa-se a distribuição da qualidade das águas superficiais em suas respectivas sub-bacias hidrográficas. As cores azul, verde, amarela e vermelha representam áreas de fontes de água com elevada, alta, regular e baixa qualidade.

Dos 73 municípios localizados no Submédio São Francisco, 56,16% estão dentro da faixa de elevada qualidade da água (cor azul), 28,77% estão na faixa alta (em verde) e 15%, em faixas mais críticas (em amarelo e vermelho). Os municípios de Petrolina, Araripina e Macururê estão localizados nas áreas em vermelho, de baixa qualidade da água.

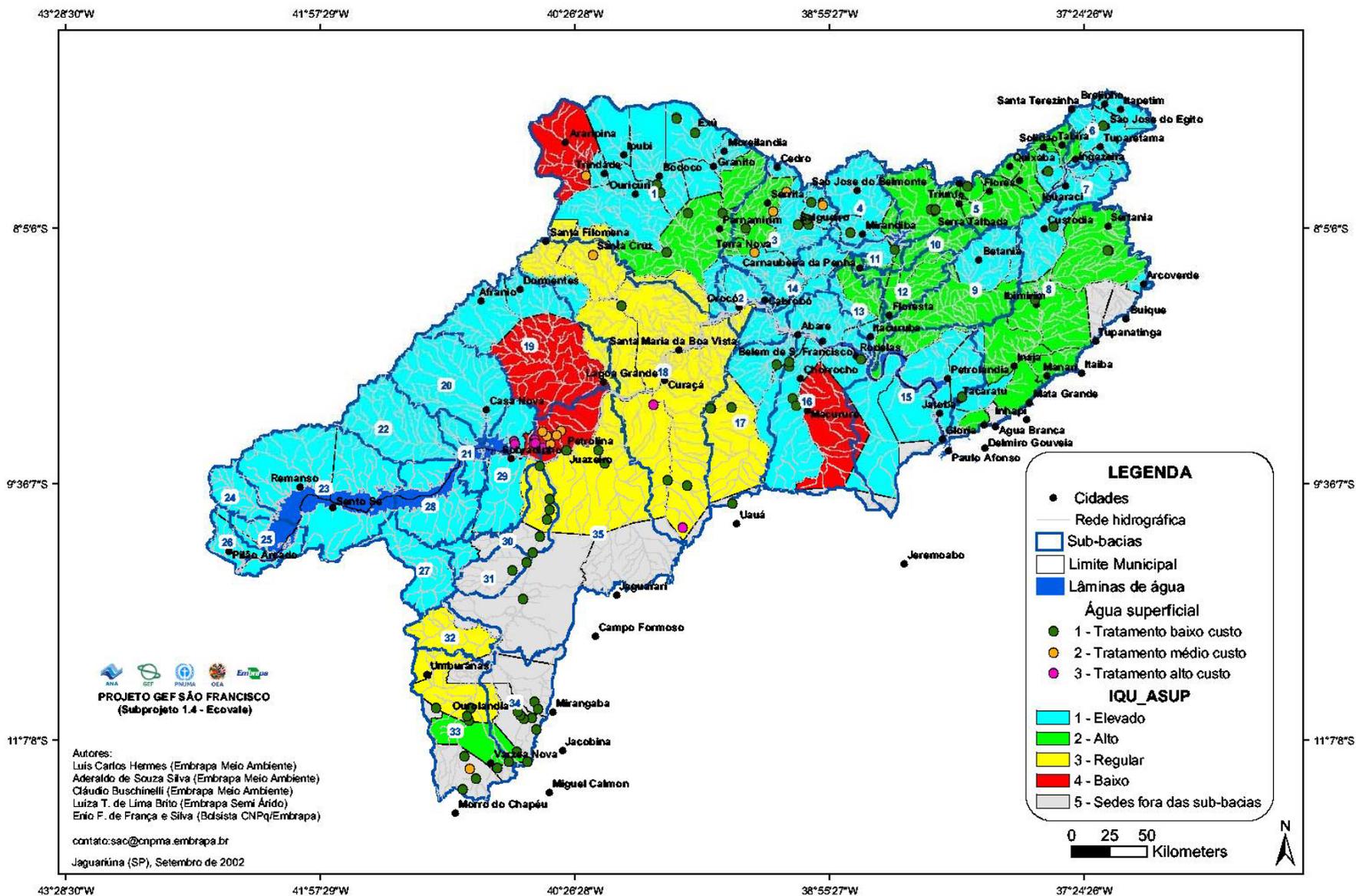


Fig. 3.17. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Superficiais (IQU-SUP) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

Também na Fig. 3.17, observa-se a distribuição dos pontos onde foram realizadas as análises obedecendo aos agrupamentos citados. Nas áreas de drenagem dos sistemas de produção irrigados, a cor vermelha é predominante, o que classifica estas águas como muito dispendiosas para tratamento visando o consumo humano. Neste caso, haveria necessidade de desinfecção e filtração, além de remoção de sais.

Nos pontos amarelos, observa-se uma menor concentração de sal, porém, outros fatores também contribuem para que o custo de tratamento seja elevado, principalmente para áreas cujas comunidades são mais isoladas e carentes. Nos pontos verdes, o tratamento pode ser simplificado, sendo o processo de fervura e cloração da água os mais indicados, tendo como reforço a filtração.

3.6. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas (IQU_ASUB)

Os lençóis de águas subterrâneas são formados principalmente pelas águas da chuva, que se infiltram nos poros dos solos e rochas, fissuras e/ou fendas intercomunicantes das camadas rochosas. Sua composição está na dependência de fatores naturais – geológicos, topográficos, hidrológicos e biológicos e rede de drenagem, variando com as diferentes estações do ano em volume de escoamento e nível de água.

Na região do semi-árido brasileiro a maioria das águas disponíveis em aquíferos são consideradas salobras ($>0,5$ e <30 g L⁻¹ de sais totais dissolvidos). A Fig. 3.18 apresenta esta distribuição na região do Submédio.

As medições da qualidade das águas subterrâneas foram realizadas com sondas multiparâmetros, sendo apontadas pela análise estatística multivariada as variáveis sólidos totais dissolvidos e salinidade como as mais significativas para caracterização dessas águas. A análise de “cluster” classificou a qualidade das águas em quatro condições, sendo a cor azul demonstrativa de elevada qualidade, tendo tido representatividade em 24,65% dos municípios da região do Submédio. A salinidade dessas águas variou de 0,14 a 0,42 g L⁻¹ de sal, o que as classifica como águas doces, pela resolução do CONAMA (1986). Em *lato senso* “água-doce” significa sistemas aquáticos continentais, tais como rios e lagos, e, tecnicamente, designa águas com menos de 0,5 g L⁻¹ de sais minerais dissolvidos.

As demais regiões do Submédio São Francisco foram classificadas como regiões de águas salobras de baixa concentração de sais, assim demonstradas: alto grau de qualidade (cor verde), qualidade regular (amarela) e baixa qualidade (vermelha), com teores acima de 2,0 g L⁻¹ de sais dissolvidos.

A distribuição das regiões conforme a massa de sal dissolvido na água subterrânea gera um quadro de informações bastante útil, quando se trata de melhorar a qualidade para consumo humano, priorizando o processo de dessalinização como o da osmose inversa.

A Fig. 3.18 também demonstra a distribuição dos poços avaliados quanto ao grau de sais dissolvidos e ranqueados quanto à possibilidade de instalação de dessalinizadores. Considerando uma eficiência de dessalinização de 50%, esses equipamentos possibilitariam a elevação do grau de qualidade das águas, diminuindo as concentrações de sais para teores inferiores a 0,5 g.L⁻¹ (água doce).

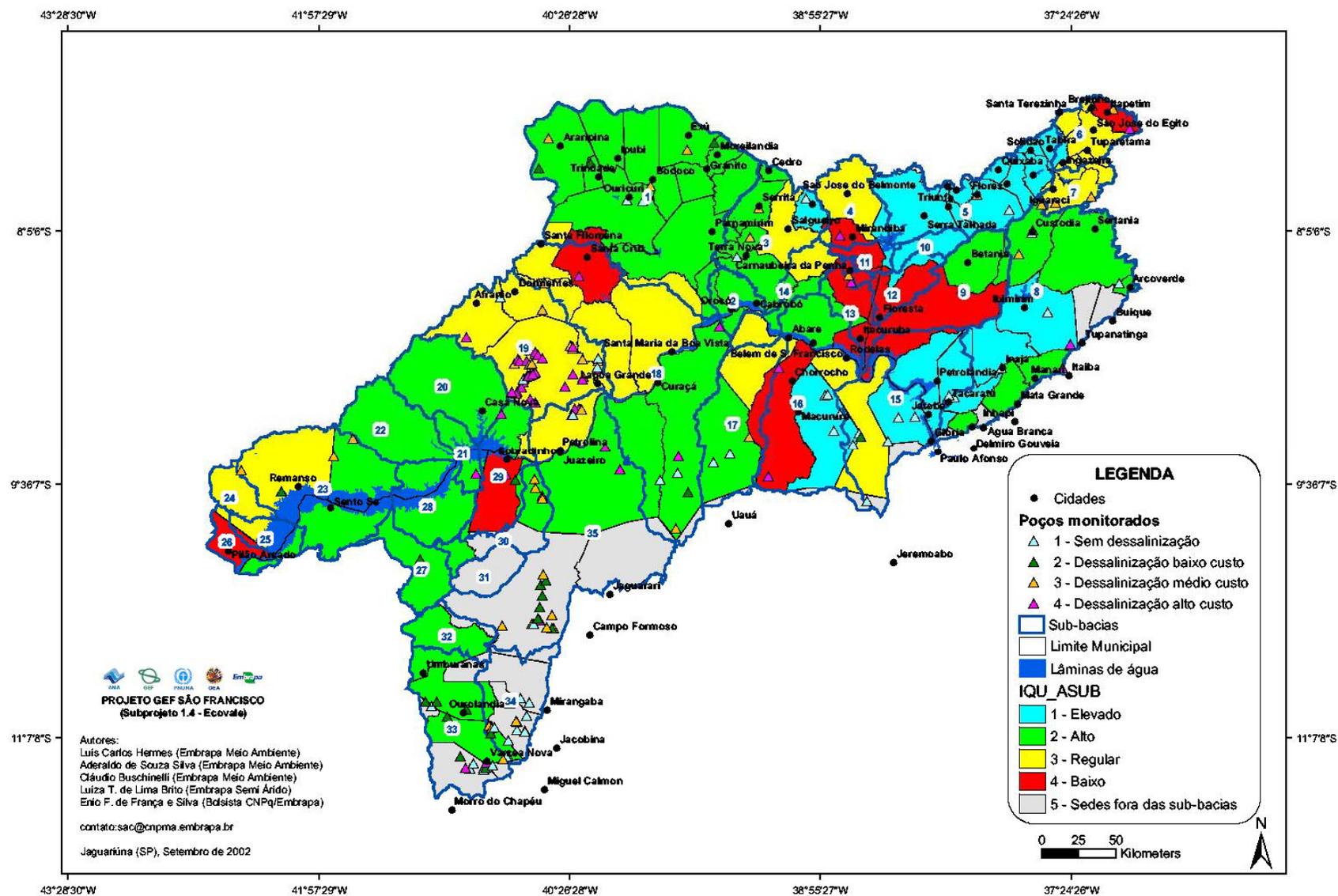


Fig. 3.18. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas (IQU-SUB) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

3.7. Índice de Carga Potencial de Agrotóxicos da Fruticultura Irrigada (ICA_FRUT)

A contaminação ambiental pode ser resultado de fontes pontuais e difusas. Não existe uma distinção clara entre as duas, pois uma fonte difusa em escala regional pode resultar em um grande número de fontes pontuais. Um exemplo claro é o uso de agrotóxicos na agricultura irrigada. Caso seja analisado em uma bacia, pode ser considerado como difusa, já se for considerado dentro de uma parcela explorada pode ser interpretado como uma fonte pontual. Uma diferença importante entre as duas fontes é que a fonte pontual, como por exemplo, a emissão de efluentes de um curtume, pode ser retirada, tratada ou controlada.

Como as fontes difusas são formadas por várias fontes pontuais, para controlá-las é necessário atuar em cada fonte pontual individualmente, ou ainda, traçar manejos e práticas integradas que venham a reduzir o efeito impactante dessas fontes.

As principais fontes pontuais de poluição das águas naturais originam-se das descargas de efluentes doméstico e industrial ou de certas atividades como a pecuária. A deposição atmosférica de poluentes também ocasiona poluição difusa na água.

O Índice de Carga de Agrotóxicos da Fruticultura (ICA_FRUT) foi composto de acordo com o grau de toxicidade dos produtos usados e da dosagem aplicada do ingrediente ativo para as principais fruteiras da região. Considerando as informações coletadas em 403 propriedades com fruticultura irrigada (CODEVASF, 2001) e os produtos potencialmente contaminantes, foi elaborada uma base com os seguintes dados: produtos utilizados, frequência de aplicação por ano e quantidades aplicadas por hectare. Posteriormente, foi determinada a carga parcial de agrotóxicos para as culturas preponderantes na região (uva, manga, coco, banana, goiaba), levando-se também em conta a toxidez dos produtos aplicados, conforme a equação 3:

$$CPA = QDA * FAD * IT \quad (3)$$

onde:

CPA = Carga parcial de agrotóxicos ($g \text{ ha}^{-1}$);

QDA = Quantidade de ingrediente ativo dos agrotóxicos aplicados ($g \text{ ha}^{-1}$);

FAD = Frequência de aplicação;

IT = Índice de toxidez do produto (adimensional).

A carga total de agrotóxicos (CTA) foi determinada para cada sub-bacia considerando-se o somatório das cargas parciais das culturas preponderantes e a área cultivada correspondente a cada cultura. Os valores correspondentes às áreas foram extraídos do cadastro da fruticultura irrigada desenvolvido pela CODEVASF (2001). Esse cadastro possibilitou o conhecimento das áreas ocupadas pela fruticultura, considerando cada cultura, bem como o georreferenciamento das propriedades. Desta forma, foi possível determinar as áreas cultivadas para cada cultura em cada sub-bacia hidrográfica.

O Índice de Carga de Agrotóxico da Fruticultura Irrigada (ICA_FRUT) foi determinado calculando-se o percentual de contribuição de cada sub-bacia na carga total de agrotóxicos aplicados no Submédio São Francisco. Os valores determinados estão apresentados na Figura 3.19, que ilustra classificatoriamente o ICA_FRUT. Foram ordenados conforme índices que variam de 0 até 1, atribuindo-se uma paleta de cores variando do verde escuro (menor carga) ao vermelho intenso (maior carga), correspondendo de forma crescente à possibilidade dos agrotóxicos aplicados causarem impacto à água.

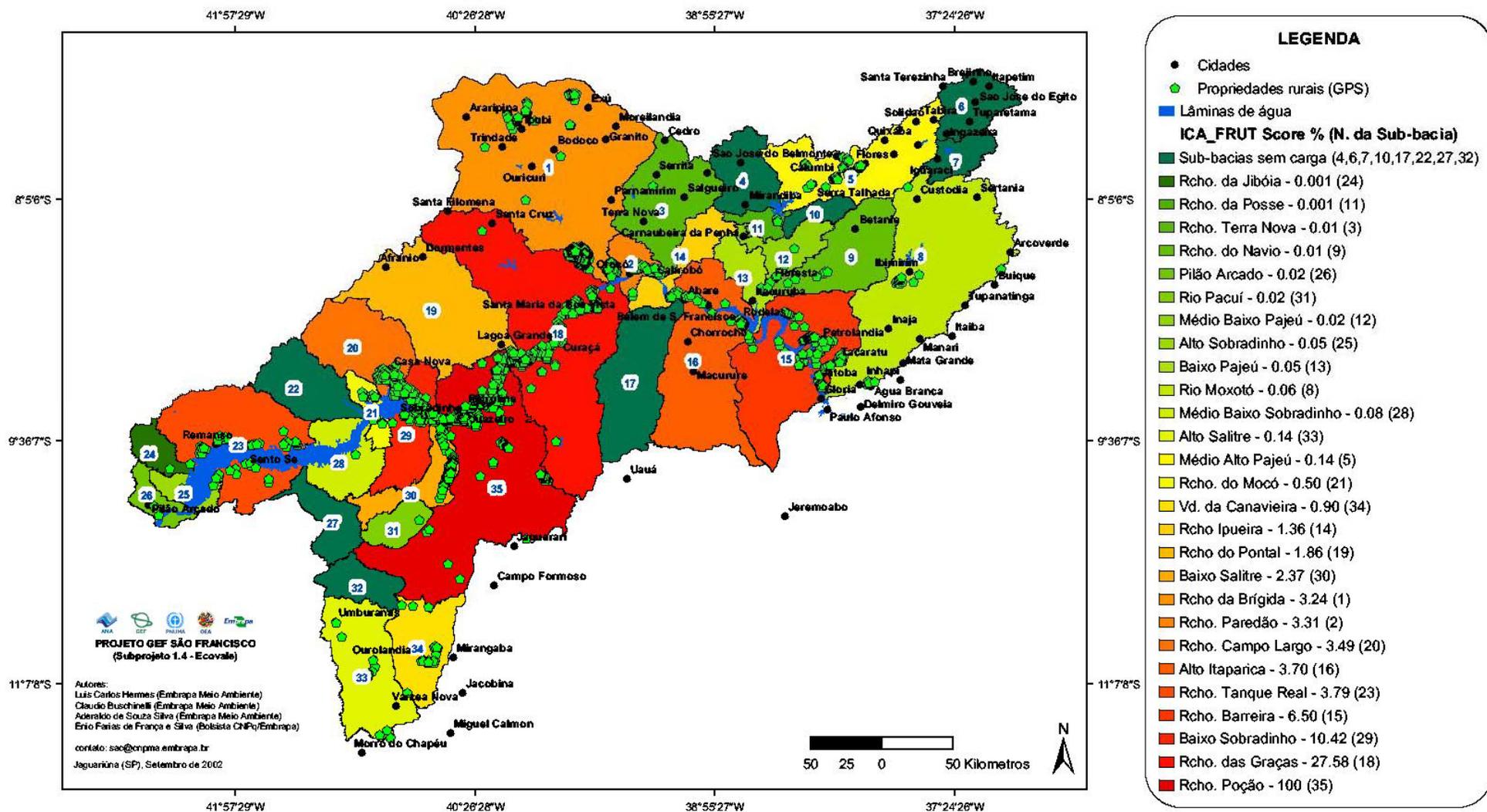


Fig. 3.19. Índice da Carga de Agrotóxicos da Fruticultura Irrigada (ICA_FRUT) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

Nos pontos representados por pentágonos verdes, foram localizadas as propriedades rurais georreferenciadas e cadastradas pela CODEVASF (2001). Observa-se grande concentração de propriedades irrigadas ao longo do Rio São Francisco e de seus principais tributários.

As sub-bacias com maior carga de agrotóxicos foram a do Riacho Poção (35), seguida do Riacho das Graças (18) e Baixo Sobradinho (29). Essas formaram uma mancha compacta de tons vermelhos no mapa, exatamente no entorno da maior aglomeração urbana da região (Petrolina e Juazeiro). Tal fato pode refletir negativamente na qualidade das águas superficiais e mesmo subterrâneas, além de potencializar os conflitos pelo uso da água num futuro próximo.

No outro extremo da escala, ficaram as sub-bacias que não comportam propriedades irrigadas em seus territórios, como as do Riacho S. Cristóvão (4), Alto Pajeú (6), Riacho Pau do Fumo (7), entre outras dispersas pelas zonas que não apresentam condições hídricas favoráveis para a implantação de sistemas intensivos de irrigação.

Na faixa intermediária da escala representada na Figura 3.19, destacam-se as sub-bacias do Riacho da Brígida (1), Riacho Paredão (2), Alto Itaparica (16) e Riacho Barreira (15).

3.8. Índice do Déficit Hídrico (IDE_BHID)

O clima da bacia do São Francisco varia de úmido, moderadamente tropical nas elevações do sul a semi-árido na região do Médio e Submédio São Francisco e semi-árido úmido na região do Baixo São Francisco.

Na região do Submédio São Francisco predomina uma agricultura irrigada pujante, em função da fruticultura de exportação, convivendo, lado a lado, com uma agricultura de sequeiro de alto risco, instável e de baixa produtividade. A região apresenta as seguintes características:

- pluviosidade baixa e irregular, em torno de 750 mm ano^{-1} , concentrada num período de 3 a 5 meses;
- ocorrem períodos agudos de estiagem, quando a precipitação pluviométrica cai para cerca de $400 \pm 50 \text{ mm ano}^{-1}$;
- as temperaturas são altas, com taxas de evapotranspiração elevadas e balanço hídrico negativo durante a maior parte do ano. A umidade relativa média anual é de 60%;
- a insolação é muito forte ($2.800 \text{ horas ano}^{-1}$) ocorrendo máxima luminosidade no mês de outubro, entre Pilão Arcado (BA) e Petrolândia (PE);
- a evaporação é cerca de $2.900 \text{ mm ano}^{-1}$ e a velocidade média do vento é de 3 m s^{-1} com direção predominante sudeste.
- os solos são oriundos de rochas cristalinas, predominantemente rasos, pouco permeáveis, sujeitos à erosão e de razoável fertilidade natural;
- predomina a vegetação de caatinga, que abrange cerca de 100 mil km^2 .

Para o cálculo do balanço hídrico da região, foram utilizadas informações provenientes dos arquivos pluviométricos e climatológicos da SUDENE (SUDENE, 1963,1990).

Na análise do balanço hídrico do Submédio São Francisco, observou-se, por meio da análise estatística, método "stepwise", que as variáveis mais significativas, classificadas em ordem decrescente foram: evapotranspiração potencial (ETp) para o mês de maio e para o mês de setembro, precipitação pluviométrica para os meses de julho e novembro, temperatura média do ar para o mês de março, evapotranspiração real (ETr) para o mês de abril e o déficit hídrico para o mês de dezembro.

Com um modelo de regressão linear múltipla, foram analisados todos os parâmetros que fazem parte dos cálculos do balanço hídrico. A Fig. 3.20 apresenta o Índice do Déficit Hídrico (IDE_BHID) para as 35 sub-bacias desta região, obtido em função dos resultados da análise de agrupamento.

Para efeito de mapeamento, convencionou-se a cor azul para os locais com baixo IDE_BHID, cor verde para valores regulares, cor amarela para locais com valores altos e a cor vermelha para valores elevados. Observa-se, na Fig. 3.20, a predominância de valores elevados de IDE_BHID.

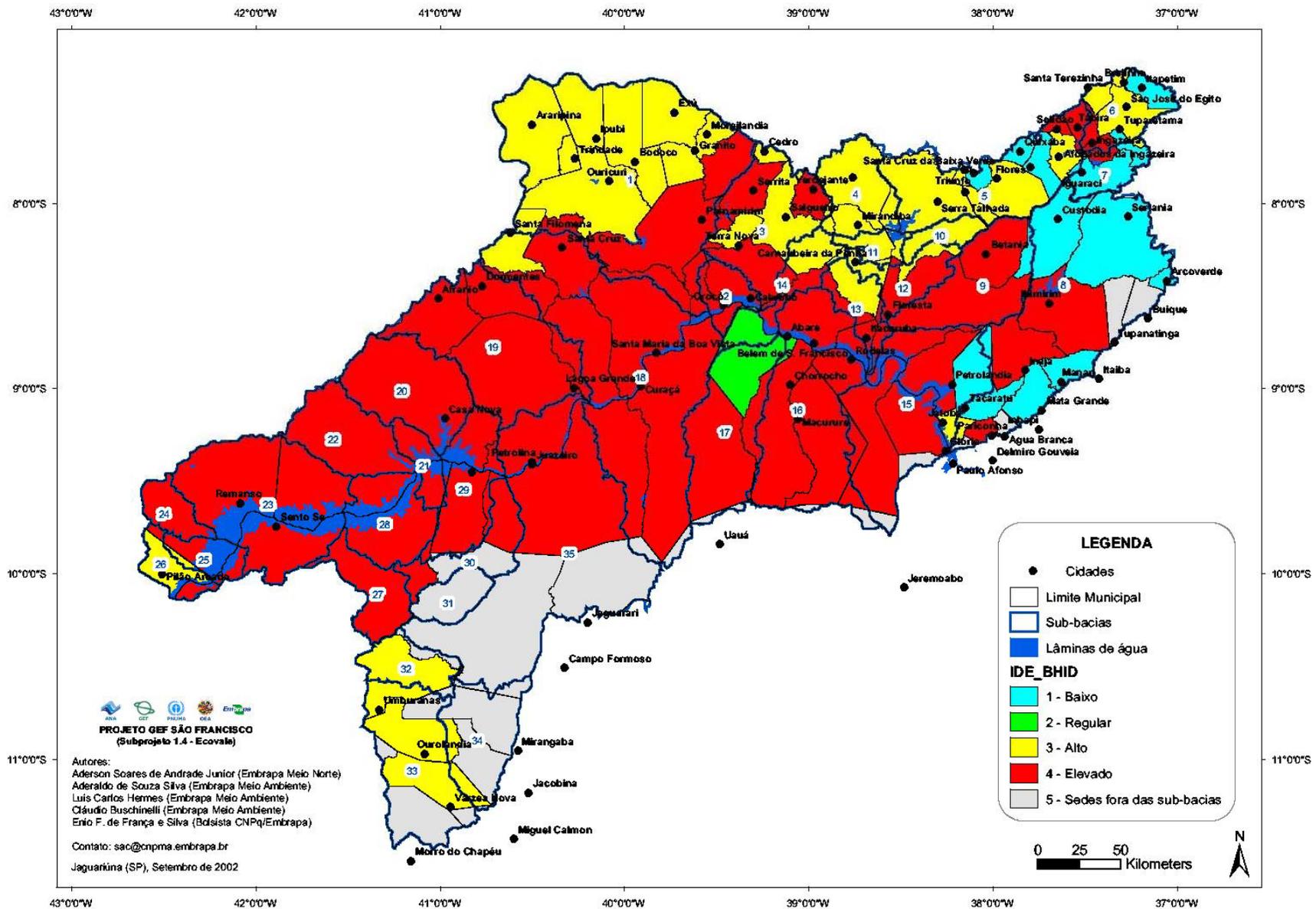


Fig. 3.20. Índice de Déficit Hídrico (IDE_BHID) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

3.9. Índice de Qualidade Ambiental das Fontes de Água (IQA_FONTE)

A legislação ambiental vigente nos Estados da Bahia e Pernambuco foi levantada junto aos órgãos competentes (BRASIL, 2000), visando comparar os impactos ambientais que vêm acontecendo nos municípios da região do Submédio São Francisco e o cumprimento da legislação ambiental. Os dados utilizados foram provenientes de diferentes fontes, como Censo 2000 (IBGE, 2002) e levantamentos de campo, realizados em 45 municípios, para verificação e georreferenciamento das fontes pontuais de poluição.

Como resultado, foi observado que, em relação aos serviços públicos municipais (esgotamento sanitário e disposição final de resíduos sólidos), nenhum município da sub-bacia cumpre integralmente a legislação ambiental vigente. Das atividades industriais desenvolvidas na sub-bacia, observou-se que nenhum setor industrial analisado cumpre integralmente os requisitos da legislação ambiental. Com isso, pode-se afirmar que, em relação aos requisitos da norma ISO 14.001, que trata do cumprimento da legislação ambiental, as instalações públicas e privadas da sub-bacia não estão de acordo com a norma.

A Fig. 3.21 apresenta o Índice de Qualidade Ambiental da Fonte de Água (IQA_FONTE) de 35 sub-bacias e 73 municípios da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

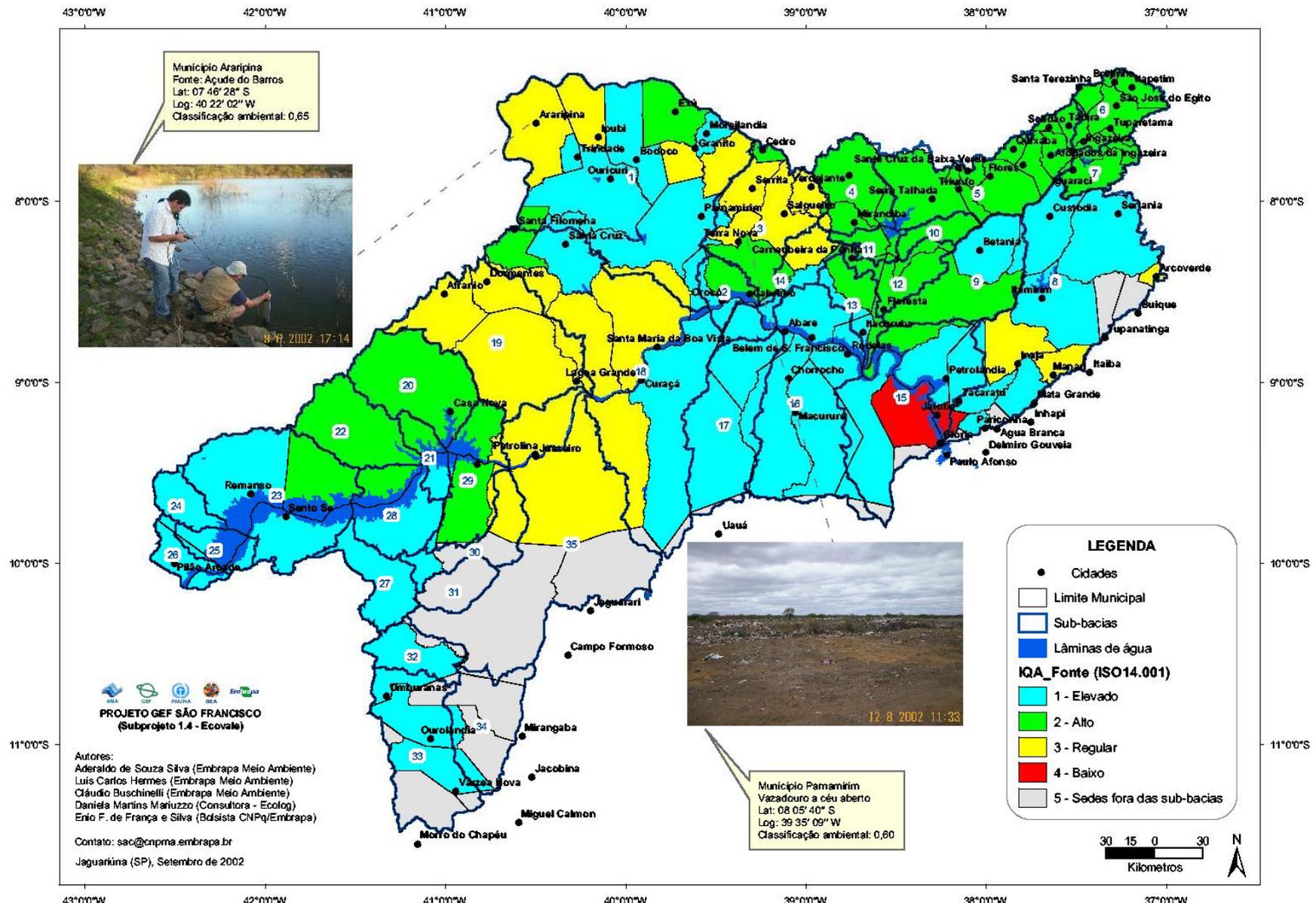


Fig. 3.21 Índice da Qualidade Ambiental das Fontes de Água (IQA_FONTE) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco, de acordo com a Norma ISO 14.001.

- **Análise das cargas poluentes potenciais**

Partindo das informações obtidas junto aos órgãos oficiais (IBGE, 2002; ANP, 2002; FIEB, 2002; FIEPE, 2002), foram levantados os estabelecimentos existentes na sub-bacia e listados em uma matriz de diagnóstico ambiental, na qual cada um foi qualificado de acordo com o tipo e natureza da instalação, seguindo parâmetros de potencial poluidor. Tal matriz configura-se como uma lista de controle escalar (Rodrigues et al, 1998), auxiliando na avaliação dos impactos ambientais dos estabelecimentos na região, com foco principal nos impactos potenciais na qualidade das águas.

A distribuição dos resultados mostrou que 89,2% dos municípios das 35 sub-bacias hidrográficas do Submédio São Francisco possuem um total de carga poluidora no intervalo de 3,7 a 20,0, sendo que a maior concentração (40%) apresenta valores de carga poluidora em torno de 10,2. Pode-se notar que apenas dois municípios das sub-bacias apresentaram valores elevados (138,4 e 147,9) (Rodrigues et al., 2004).

- **Levantamento dos impactos ambientais causados por instalações rurais**

Os impactos ambientais causados pelas instalações rurais presentes na sub-bacia foram observados por meio de pesquisa de campo (1.161 determinações em fontes de água), bem como de dados obtidos da CODEVASF referentes ao Cadastro da Fruticultura Irrigada (CODEVASF, 2001).

Para cada fonte, foi analisada sua adequabilidade às normas ISO 14.001. Por ser este um fato pioneiro, foi realizada uma análise conjunta das fontes de água e das fontes potenciais de poluição, em todos os municípios estudados (Fig. 3.22).

Do total de fontes cadastradas, 87,77% encontram-se em área rural, fator esse que permitiu uma análise do perfil das propriedades rurais (31,96%) e das residências rurais (55,81%). Os dados foram tratados estatisticamente por análise multivariada e foram introduzidos no banco de dados para a construção do perfil ecológico da região (Fig. 3.23).

A classificação obtida para as 1.161 fontes de água cadastradas considerou o valor 0 (zero) como uma fonte de água que está pouco sujeita aos impactos ambientais e o valor 1 (um) a fonte de água ambientalmente inadequada. Valores intermediários entre 0 e 1 representaram níveis intermediários de susceptibilidade à contaminação. A maioria das fontes avaliadas foi classificada com valores entre 0,57 e 0,76.



Fig. 3.22. Avaliação ambiental georreferenciado do destino do lixo no município de Casa Nova, BA, e sua respectiva classificação ambiental.

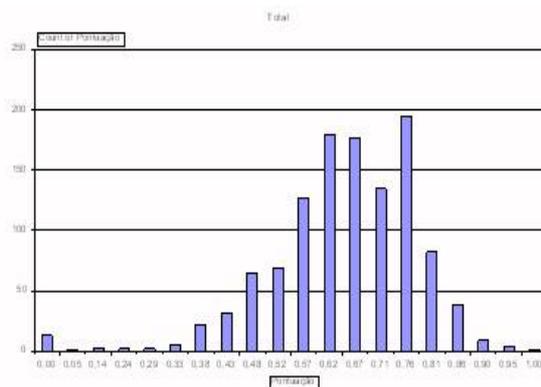


Fig. 3.23. Distribuição da pontuação das fontes de água superficiais e subterrâneas em relação aos requisitos da norma ISO 14001.

Os principais resultados alcançados com a avaliação ambiental das fontes de água e fontes potenciais de poluição, seguindo-se procedimentos recomendados pela norma ISO 14.001, foram:

Fontes de água

- Das fontes de água cadastradas, 87,77% encontram-se em área rural;
- Nessas instalações rurais, 51,1% do lixo gerado por trabalhadores e moradores é jogado diretamente no ambiente e 33,4% é queimado;
- A destinação final dos efluentes dos banheiros e de água de lavagem (66,8% e 77%, respectivamente) é o descarte direto no ambiente, a céu aberto;
- 53,8% dos estabelecimentos e residências rurais não tratam previamente a água para consumo;
- 82,1% dos estabelecimentos utilizam algum tipo de produto químico;
- 69,7% das doenças estão relacionadas à febre, gripe e dengue; 19,1% com vômitos e diarreia;
- Em 56,2% das instalações há algum tipo de queimada ou emissão de gases;
- 89,2% das instalações pesquisadas não são atendidas pelo serviço de coleta municipal de lixo.

Fontes potenciais de poluição

- Nenhuma instalação industrial possui licença ambiental para funcionamento;
- Nenhuma empresa visitada possui algum tipo de certificação ambiental e nem está se preparando para uma certificação desse escopo;
- 48,3% dos efluentes lançados por essas instalações são compostos por água e matéria orgânica, seguida por 24,1% de água e outros compostos químicos, a base de fosfatos, nitratos, e carbonatos;
- O volume estimado de efluentes lançados diariamente pelas fontes potenciais de poluição cadastradas ficou entre os valores de 1 a 50 m³, correspondendo a 81,4% do total;
- Tais efluentes são lançados, em grande parte (42,1%), a céu aberto, e 14,5% são encanados e lançados diretamente no solo;

- 97,2% das empresas visitadas não fazem nenhum tipo de tratamento em seus efluentes antes de lançá-los no ambiente;
- 70,3% das instalações visitadas não fazem nenhum tipo de filtragem dos gases que são emitidos para a atmosfera;
- 51,7% das fontes potenciais de poluição cadastradas descartam o seu lixo diretamente no ambiente e 46,2%, no sistema de coleta da prefeitura;
- Quanto aos resíduos sólidos perigosos, 51,7% das empresas despejam esse material diretamente no ambiente e 42,8% o destinam à coleta não seletiva da prefeitura, sendo a destinação final o lixão.

3.10. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL)

As cem variáveis que caracterizaram o perfil ecológico do Submédio São Francisco foram submetidos à análise fatorial e agrupadas em quatro grandes grupos denominados Fatores, com carga fatorial cumulativa de 45,83:

- Fator 1 - Disposição de Resíduos, que classificou 21 municípios, com 41,3% da carga fatorial total;
- Fator 2 - Concentração Fundiária, classificando 5 municípios, com 22,0% da carga fatorial total;
- Fator 3 - Déficit Hídrico, que classificou 42 municípios, com 21,7% da carga fatorial total;
- Fator 4 - Atividades de Mineração, com 5 municípios classificados, com 15,0% da carga fatorial total.

Posteriormente, estas informações permitiram elaborar o Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL). Este índice diz respeito ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, ambos relacionados com as atividades antrópicas, como agropecuária, industrialização, comércio, distribuição e serviços públicos na região.

A classificação dos municípios de acordo com o perfil ecológico foi baseada na análise de "Cluster" das principais variáveis consideradas para cada um dos municípios. Atribuiu-se a eles os Índices do Perfil Ecológico, representados por IP_ECOL elevado (cor azul), IP_ECOL alto (cor verde), IP_ECOL regular (amarelo) e IP_ECOL baixo (vermelho).

A descarga de poluentes nos corpos de água decorrente das atividades dos setores produtivos primário e secundário e dos serviços públicos, foi considerada como a causa fundamental do problema que retrata o uso não sustentável da água, segundo o IP_ECOL no Submédio São Francisco (Tabela 3.2 e Figura 3.24).

Tabela 3.2. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados nas 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL).

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	IP ECOL
1	Floresta	PE	12	24L	547427,965	9049182,088	1	0,017	0,0002
2	Abaré	BA	16	24L	487433,391	9036032,391	2	0,050	0,0005
3	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027,496	9142969,099	2	0,083	0,0008
4	Arcoverde	PE	8	24L	714236,625	9068821,395	2	0,116	0,0012
5	Brejinho	PE	6	24M	689145,529	9187220,828	2	0,150	0,0015
6	Cabrobó	PE	2	24L	465843,029	9058807,295	2	0,183	0,0018
7	Calumbi	PE	5	24M	593647,197	9122047,34	2	0,216	0,0022
8	Carnaíba	PE	5	24M	632945,666	9137000,5	2	0,250	0,0025
9	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070,177	9080369,975	2	0,283	0,0028
10	Cedro	PE	3	24M	473617,817	9146426,509	2	0,316	0,0032
11	Chorrochó	BA	16	24L	489365,774	9007349,564	2	0,349	0,0035
12	Flores	PE	5	24M	612987,96	9130112,015	2	0,383	0,0038
13	Gloria	BA	15	24L	581802,372	8967647,77	2	0,416	0,0042
14	Granito	PE	1	24M	432171,454	9146999,225	2	0,449	0,0045
15	Ingazeira	PE	6	24M	669850,01	9151164,975	2	0,482	0,0048
16	Ipubi	PE	1	24M	373240,504	9153972,5	2	0,516	0,0052
17	Itacuruba	PE	13	24L	534792,968	9035251,918	2	0,549	0,0055
18	Itapetim	PE	6	24M	699714,319	9183984,009	2	0,582	0,0058
19	Jatobá	PE	15	24L	580281,786	8984789,025	2	0,616	0,0062
20	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143,742	9005204,178	2	0,649	0,0065
21	Macurure	BA	16	24L	493643,744	8986590,101	2	0,682	0,0068
22	Manari	PE	8	24L	650755,509	9008820,156	2	0,715	0,0072
23	Mata Grande	BA	8	24L	639273,508	8991874,268	2	0,749	0,0075
24	Mirandiba	PE	4	24L	529767,308	9102356,883	2	0,782	0,0078
25	Moreilandia	PE	1	24M	439174,387	9156436,713	2	0,815	0,0082
26	Orocó	PE	2	24L	448972,427	9054460,236	2	0,848	0,0085
27	Pariconha	BA	8	24L	609284,48	8977009,707	2	0,882	0,0088
28	Petrolândia	PE	15	24L	585762,618	9007321,15	2	0,915	0,0091
29	Quixaba	PE	5	24M	626967,392	9146415,924	2	0,948	0,0095
30	Rodelas	BA	16	24L	525618,431	9022175,988	2	0,982	0,0098
31	Santa Cruz da Baixa Verde	PE	5	24M	593368,102	9135407,665	2	1,015	0,0101
32	Santa Filomena	PE	18	24L	321975,764	9097342,685	2	1,048	0,0105
33	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727,579	9184164,836	2	1,081	0,0108
34	São Jose do Egito	PE	6	24M	690378,058	9172899,613	2	1,115	0,0111
35	Sertania	PE	8	24L	691212,222	9107119,016	2	1,148	0,0115
36	Sobradinho	BA	23	24L	299775,029	8954250,643	2	1,181	0,0118
37	Solidão	PE	5	24M	648670,503	9159622,021	2	1,214	0,0121
38	Tabira	PE	5	24M	661086,874	9160626,188	2	1,248	0,0125
39	Tacaratu	PE	8	24L	593455,796	8993359,94	2	1,281	0,0128
40	Terra Nova	PE	3	24L	458598,039	9090248,012	2	1,314	0,0131
41	Trindade	PE	1	24M	360161,389	9141772,222	2	1,348	0,0135
42	Triunfo	PE	5	24M	598999,469	9133461,111	2	1,381	0,0138
43	Tuparetama	PE	6	24M	686247,265	9159275,23	2	1,414	0,0141
44	Umburanas	BA	33	24L	245524,683	8812565,453	2	1,447	0,0145
45	Verdejante	PE	3	24M	503083,778	9123893,653	2	1,481	0,0148
46	Juazeiro	BA	35	24L	335414,557	8959243,741	3	1,531	0,0153
47	Ouricuri	PE	1	24M	380720,926	9128499,227	3	1,580	0,0158
48	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170,06	9026260,446	3	1,630	0,0163
49	Sento Se	BA	23	24L	183376,658	8921299,613	3	1,680	0,0168
50	Serra Talhada	PE	5	24M	577287,661	9116488,522	3	1,730	0,0173
51	Afrânio	PE	19	24L	279253,518	9058156,845	4	1,797	0,0180
52	Araripina	PE	1	24M	334660,809	9162240,036	4	1,863	0,0186
53	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718,801	9032318,198	4	1,930	0,0193

continua...

Tabela 3.2. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados nas 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL).

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	IP ECOL
54	Betânia	PE	9	24L	606327,722	9085163,479	4	1,996	0,0200
55	Bodocó	PE	1	24M	396191,058	9140053,987	4	2,063	0,0206
56	Casa Nova	BA	20	24L	283394,363	8986611,581	4	2,129	0,0213
57	Curaca	BA	18	24L	399993,191	9006059,965	4	2,196	0,0220
58	Custodia	PE	8	24L	649477,066	9105741,351	4	2,263	0,0226
59	Dormentes	PE	19	24L	304973,882	9065779,156	4	2,329	0,0233
60	Exu	PE	1	24M	420063,929	9169552,647	4	2,396	0,0240
61	Ibimirim	PE	8	24L	644107,319	9055658,828	4	2,462	0,0246
62	Iguaraci	PE	7	24M	663659,429	9133584,884	4	2,529	0,0253
63	Inaja	PE	8	24L	629275,846	9015775,16	4	2,595	0,0260
64	Ourolandia	BA	33	24L	272329,521	8786479,793	4	2,662	0,0266
65	Parnamirim	PE	1	24L	436241,897	9105607,428	4	2,728	0,0273
66	Petrolina	PE	35	24L	335164,333	8960686,583	4	2,795	0,0279
67	Pilão Arcado	BA	26	23L	773566,25	8893175,64	4	2,861	0,0286
68	Remanso	BA	23	23L	820346,875	8935013,707	4	2,928	0,0293
69	Salgueiro	PE	3	24L	486831,155	9107462,602	4	2,995	0,0299
70	Santa Cruz	PE	18	24L	352949,525	9088885,729	4	3,061	0,0306
71	São Jose do Belmonte	PE	4	24M	526448,349	9130979,874	4	3,128	0,0313
72	Serrita	PE	3	24M	467354,766	9123022,291	4	3,194	0,0319
73	Várzea Nova	BA	33	24L	287964,03	8754684,387	4	3,261	0,0326

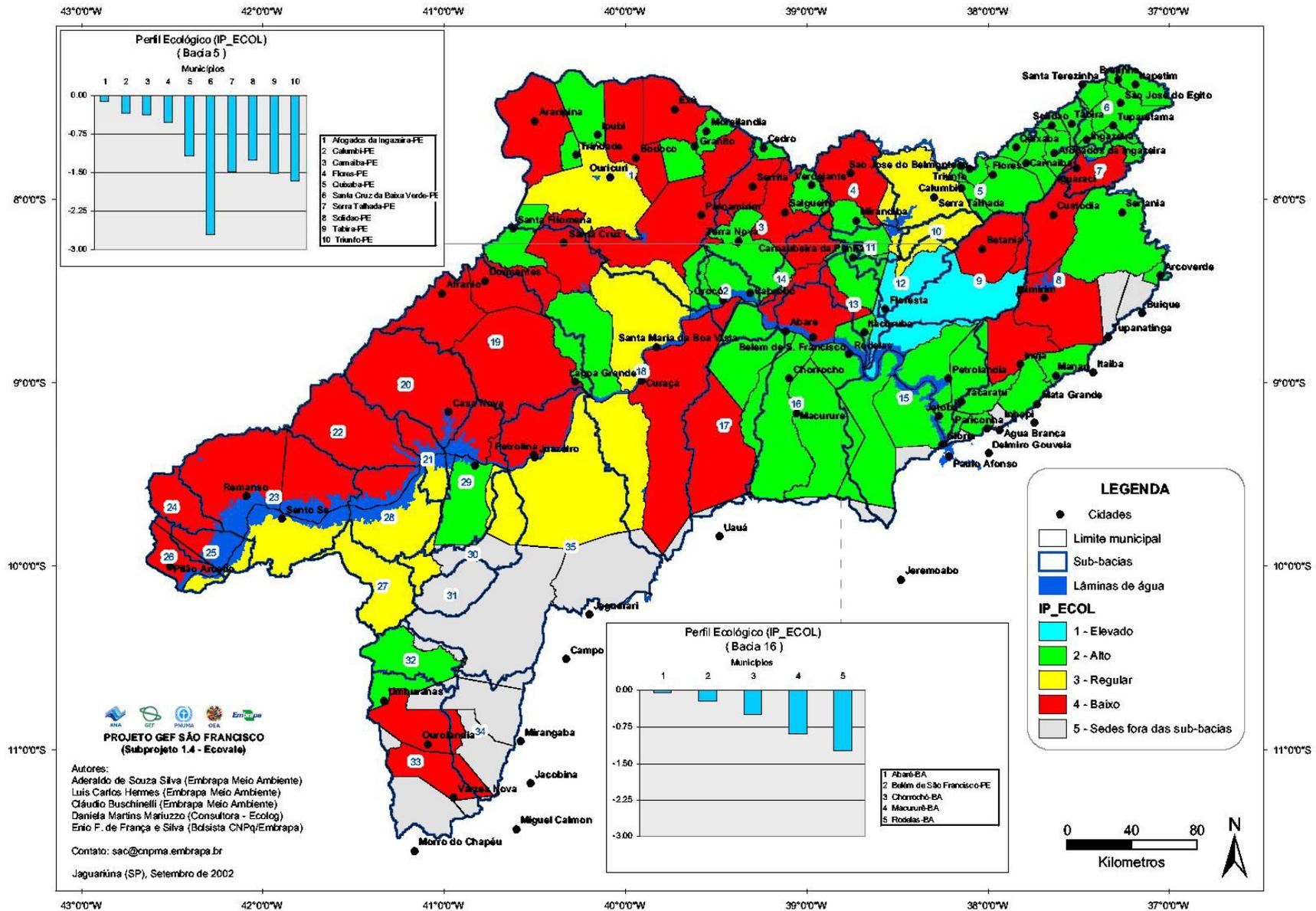


Fig. 3.24. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

O Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) elevado, em cor azul, foi atribuído somente ao município de Floresta, caracterizado por Índices de Cobertura Vegetal elevado, Densidade Urbana baixo e Qualidade de Água alto.

Com IP_ECOL alto (em verde), foram classificados 44 municípios, associados à forma menos intensa de ocupação do solo quando comparados aos maiores municípios analisados. Isto compromete menos o recurso hídrico em questão. Com IP_ECOL regular (em amarelo), já aparecem importantes municípios com relação ao desenvolvimento econômico regional e estrutura urbana, como suporte às atividades desenvolvidas na área. Juazeiro destaca-se como o principal representante dos cinco municípios classificados com IP_ECOL regular.

Por fim, com IP_ECOL baixo, em vermelho, encontram-se os 23 municípios restantes, destacando-se a presença de Petrolina entre eles. O município de Petrolina, assim como Juazeiro, diferencia-se dos demais municípios da região com relação à estrutura urbana e rural para o desenvolvimento das atividades produtivas, bem como para o estabelecimento de sua população residente, também superior em números absolutos.

As causas ecológicas para o uso não sustentável da água no Submédio São Francisco foram estatisticamente definidas como sendo:

- Carga total de poluentes na água devido às atividades industriais, comerciais e de serviços públicos (esgotamento sanitário e vazadouro a céu aberto);
- Aplicação de agrotóxicos e descarte de embalagens na área rural;
- Concentração fundiária;
- Desequilíbrio no balanço hídrico regional;
- Atividades impactantes de mineração;
- Geração de resíduos químicos provenientes dos usos agrícola e urbano.

3.11. Considerações Finais

O Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) possibilita, pela integração de diferentes sistemas de armazenamento de dados, uma interpretação em escala regional da qualidade das bacias hidrográficas e os municípios nela inseridos, resultante das atividades desenvolvidas.

Variáveis espaciais, indicadores das condições ambientais em escala macroregional, associadas a levantamento de campo da situação das fontes de água, corroboradas pelas análises da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, apontam para o descuido no tratamento e disposição de poluentes dos setores de produção primária e secundária.

Aponta, também, a necessidade de investimento na melhoria dos serviços públicos, o que representará ganho em qualidade de vida da população.

3.12. Referências

- ANP. **Petróleo e derivados, abastecimento, consulta de postos**: 2002. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 21 maio 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 jul.1986.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico de gestão ambiental dos estados do Brasil, 2000**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 jan. 2002.
- CODEVASF. **Cadastro da fruticultura irrigada**. Brasília, 2001. 1 CD-ROM. Versão preliminar.
- FERREIRA, M. C. Utilização de modelos digitais de terreno na estimativa de enchentes em sub-bacias hidrográficas: uma avaliação preliminar em escala regional. **Geociências**, Rio Claro, v. 16, n. 1, p. 243-255, 1997.
- FIEB. **Guia industrial do estado da Bahia**: 2002. Disponível em: <<http://www.fieb.org.br>>. Acesso em: 12 mar. 2002.
- FIEPE. **Cadastro industrial de Pernambuco**: 2000. Disponível em: <<http://www.fiepe.org.br>>. Acesso em: 14 mar. 2002.
- HOWARD, A. D. Role of hypsometry and planform in basin hydrologic response. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 4, p. 373-385, 1990.
- HUETE, A. R.; JACKSON, R. D. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 17, 37-53, 1985.
- IBGE. **Base de informações municipais**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2002. CD-ROM.
- RICHARDSON, A. J.; WIEGAND, C. L. Distinguishing vegetation from background information. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Falls Church, v. 43, p. 1541-1552, 1977.
- RODRIGUES, G.S.; SILVA, A. de S.; BUSCHINELLI, C.C. de A.; ROSSO, C.R.S. de; CARBINATTO, M.L.; SOUZA, T. de; MORICONI, W.; PAIVA, W.F. **Diagnóstico ambiental das fontes pontuais de poluição das águas nas bacias hidrográficas do Norte de Minas e do Submédio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 23, 2004. 42 p.
- RODRIGUES, G. S.; NEVES M. G.; SILVA, A. S. **Diagnóstico ambiental das fontes potenciais de poluição das águas de usos múltiplos no hidropólio do Submédio do Rio São Francisco - parte II**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 65 p.
- ROMANOWICZ, R.; BEVEN, K.; MOORE, R. GIS and distributed hydrological models. In: MATHER, P. M. (Ed.). **Geographical information handling-research applications**. New York: J. Wiley, 1993. p. 206-235.
- SUDENE. **Normais climatológicas da área da SUDENE**. Recife, 1963. 82 p.
- SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**: Pernambuco. Recife, 1990. 363 p. (SUDENE. Pluviometria, 6).

Índice do Perfil Social e do Perfil Econômico (IP_SOCI e IP_ECON)

Izilda Aparecida Rodrigues
Aderaldo de Souza Silva
Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro
Célia Maria Maganhotto de Souza Silva

O estudo sobre o Perfil Social e o Perfil Econômico do Submédio São Francisco foi realizado visando a elaboração do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA_Água), resultando na avaliação das condições socioeconômicas regionais com o Índice do Perfil Social (IP_SOCI) e o Índice do Perfil Econômico (IP_ECON). Esses Índices estruturam-se no conceito de desenvolvimento sustentável, que busca dar fundamentos às políticas públicas que favoreçam decisões voltadas à garantia da qualidade de vida da população e à conservação ambiental de áreas com amplo potencial ao desenvolvimento econômico (IUCN, 1980, WCED, 1987, UNITED NATIONS, 1992, CPDS, 2002a).

A construção do IP_SOCI e do IP_ECON baseia-se no desenvolvimento de uma metodologia de avaliação do impacto ambiental das atividades desenvolvidas na área, integrando as dimensões social e econômica, permitindo uma visão não fragmentada da ocupação do espaço. Apresenta-se a análise socioeconômica dos 73 municípios componentes do Submédio São Francisco, com o objetivo de integrar e respaldar, em uma análise final, o ISA_Água dessa região.

Os dados utilizados na avaliação do Perfil Social e do Perfil Econômico são provenientes, sobretudo, da Fundação IBGE, disponibilizados em um CD-ROM formulado com a base de dados municipais (FIBGE, 2002) e *on-line* www.ibge.gov.br. Abrange informações sobre a população residente do Censo Demográfico de 2000, e informações complementares sobre educação, saúde, atividades econômicas, gestão financeira e de investimentos, dos Ministérios da Educação e do Desporto, da Fazenda, da Economia, da Saúde, DATASUS, TSE e Banco Central do Brasil, além de outros levantamentos municipais realizados pelo IBGE.

O município foi definido como a unidade geográfica mínima de estudo. A base de dados foi homogeneizada, processando-se o tratamento estatístico dos dados pela análise discriminante. A análise multivariada foi utilizada no processamento de todos os indicadores, com o objetivo de se definir a estrutura analítica de cada indicador e de seus respectivos índices, associado à sua variabilidade espacial. Da avaliação no nível municipal, foi possível a extrapolação das informações para a sub-bacia hidrográfica, considerada um âmbito geográfico mais realista do ponto de vista de uso e ocupação do território.

A análise discriminante também serviu para classificar os grupos homogêneos de forma natural, maximizando a diferenciação entre os grupos e homogeneizando os parâmetros no âmbito de cada grupo. Assim, obteve-se quatro grupos homogêneos de municípios e de sub-bacias hidrográficas em relação a cada indicador, que ao final foram hierarquizados e expressos por um índice específico.

A dimensão social traz características apropriadas à avaliação da qualidade de vida da comunidade são-franciscana, retratando a distribuição da população, segundo a situação do domicílio (urbana e rural), o atendimento aos serviços básicos, o acesso à educação e aos serviços na área de saúde e a inserção nas atividades econômicas desenvolvidas na região. Essas características, que mostram as condições de vida da população residente nas 35 sub-bacias hidrográficas e nos seus 73 municípios correspondentes, são apresentadas nos oito indicadores incluídos nessa dimensão.

A dimensão econômica expressa as diferenças entre as sub-bacias hidrográficas no tocante a estrutura econômica regional. Para isso, foram escolhidos dez indicadores, que retratam o perfil macroeconômico e financeiro, possibilitando a indicação do consumo e da demanda dos recursos materiais e dos recursos naturais, sobretudo por meio das atividades econômicas desenvolvidas na área em estudo.

Dessa maneira, obteve-se um resultado satisfatório dos indicadores de desenvolvimento sustentável regional, para o Perfil Social e para o Perfil Econômico propostos.

4.1. Índice do Perfil Social - IP_SOCI

No contexto do desenvolvimento sustentável, a complexidade das relações entre as dimensões social, econômica e ambiental, aumenta, refletindo um ganho na qualidade de vida das populações, quando igualdade, acessibilidade e participação são componentes da mensuração desse desenvolvimento (Derman & Whiteford, 1985). Várias questões emergem dessa abordagem, levando-se em conta as limitações na exploração do ambiente pelo homem, sobressaltando o sentido da interdependência entre os fatores mencionados. A dimensão ambiental acaba por estabelecer novos direcionamentos na promoção do desenvolvimento econômico, não eliminando a necessidade da ocorrência desse desenvolvimento, ao contrário, vinculando a ele a variável social (Rodrigues, 1996). Como produto final dessa avaliação, buscam-se medidas direcionadas à melhoria da qualidade de vida das populações, reafirmando-se, na construção do IP_SOCI, a importância do componente social na análise da sustentabilidade ambiental do uso da água.

O IP_SOCI do Submédio São Francisco é composto por oito indicadores, caracterizados por 209 variáveis provenientes das informações disponibilizadas pela Fundação IBGE, do Censo Demográfico do ano 2000; do Censo Educacional, 2000; Registros Administrativos Eleitorais com ano base 2000; Sistema Único de Saúde, Dezembro de 1999/2000 e Estatísticas do Registro Civil, com ano base 1998. O Anexo 1 apresenta os indicadores (educação, pessoal ocupado assalariado, resultados do universo, saúde, participação

política, pessoal ocupado, estatísticas derivadas, vida e risco de vida) e suas respectivas variáveis para a análise do Perfil Social da região.

As variáveis foram agrupadas por meio de análise multivariada, formando quatro grandes grupos denominados Fatores, descritos a seguir:

- Fator 1 - Atendimento à Saúde, com 35,4% da carga fatorial total;
- Fator 2 - Sistema Educacional, com 33,7% da carga fatorial total;
- Fator 3 – Acesso aos Serviços Básicos, com 23,7% da carga fatorial total;
- Fator 4 - Oferta de Emprego, com 7,1% da carga fatorial total.

4.1.1. Qualificação dos quatro Fatores resultantes no Perfil Social

- Fator 1 - Atendimento à Saúde

As variáveis mais associadas ao Fator 1, denominado Atendimento à Saúde, foram as doenças relacionadas ao aparelho circulatório, doenças infecciosas e parasitárias, representando 35,4% da carga fatorial total, sendo caracterizada por 67 variáveis ou 32,1% das variáveis totais. Estas características foram determinantes no perfil social de alguns municípios.

O Fator 1, também, apresentou outras variáveis que tiveram destaque na composição do perfil dos municípios da região, como o registro de óbitos em idades mais avançadas (70 anos e mais), com cargas fatoriais em torno de 0,85. É suposto que estas ocorrências sejam comuns a todos os municípios, embora o registro e atendimento às pessoas ocorram predominantemente em determinados municípios, indicando a deficiência dos serviços relacionados ao atendimento à saúde. Isto é ainda confirmado pelas variáveis provenientes do indicador vida e risco de vida, com destaque para os óbitos fetais e de menores de 1 ano.

- Fator 2 - Sistema Educacional

O Fator 2 associou 33,0% das variáveis totais do Perfil Social da região do Submédio São Francisco. Embora seja o segundo Fator mais importante quanto à carga fatorial, representando 33,7% da carga fatorial total, as variáveis associadas ao tema educação são as que mais influenciaram na definição do perfil de um certo número de municípios, agrupando 28 variáveis, o que representa 72% do total das variáveis do indicador educação utilizadas nesta análise. O Fator 2, então denominado Sistema Educacional, destaca, entre as variáveis analisadas, o número de docentes, de estabelecimentos e de matrículas em escolas públicas federais, estaduais e municipais, com as variáveis representativas do ensino médio e pré-escolar, com cargas fatoriais próximas a 0,95. Isto se associa à demanda por escolas na região e à precariedade do sistema educacional no atendimento à população do Submédio São Francisco, em vários de seus municípios.

Apresenta também, com destaque, as variáveis provenientes dos indicadores pessoal ocupado e pessoal ocupado assalariado em unidades locais de transporte, armazenagem e comunicações, mostrando a predominância do setor terciário de produção na área, que ainda pode ser confirmada com as atividades imobiliárias e com aquelas ligadas à educação,

demarcando municípios com uma dinâmica ocupacional mais articulada às atividades tipicamente urbanas ou impulsionada pelas atividades agroindustriais existentes na região.

- Fator 3 – Acesso aos Serviços Básicos

O Fator 3, o qual denominou-se Acesso aos Serviços Básicos, com ênfase na área rural, apresentou 50 variáveis, ou 23,9% das variáveis totais e 23,7% da carga fatorial total. Este Fator associa as variáveis vinculadas a uma série de indicadores, que configuram o atendimento aos serviços básicos para a população residente e apresenta-se como fundamental na formação do perfil dos municípios. Os domicílios particulares permanentes, sem o atendimento aos serviços básicos, principalmente relativos à população residente na área rural, podem indicar diferenças regionais nesse atendimento entre as áreas municipais rural e urbana, principalmente pelas variáveis apresentadas anteriormente, quando tratou-se da ocupação urbana da área em estudo. Nesse fator, destacaram-se também categorias ligadas à educação, sobretudo no ensino fundamental em escola pública municipal.

Associadas às características urbanas estiveram presentes as variáveis que mostraram o atendimento aos serviços públicos, colaborando na formação do perfil dos municípios que se identificam com o Fator em análise. Por outro lado, como foram poucos os municípios assim categorizados, isso reflete, da mesma forma, a deficiência no atendimento destes serviços em boa parte dos municípios, entre as 35 sub-bacias hidrográficas analisadas.

- Fator 4 – Oferta de Emprego

A oferta de emprego em âmbito regional ficou evidenciada por meio do Fator 4, o qual agrupou 23 variáveis, ou 11,0% das variáveis totais e 7,1% da carga fatorial total. São destacadas neste Fator variáveis associadas, fundamentalmente, à média da população ocupada e assalariada, em empresas atuantes no âmbito local e territorial que estão incluídas no indicador estatísticas derivadas. Isto pode acarretar uma oferta de emprego diferenciada regionalmente com carência significativa na maioria dos municípios estudados.

O IP_SOCI elaborado com base nesses Fatores, por meio de análise de agrupamento (Cluster analysis), resultou em quatro condições de sustentabilidade do uso da água: IP_SOCI elevado (cor azul), IP_SOCI alto (cor verde), IP_SOCI regular (cor amarela) e IP_SOCI baixo (cor vermelha), para cada município e sub-bacia. Apresenta-se, abaixo, uma breve qualificação dos quatro fatores resultantes no Perfil Social (Tabela 4.1 e Fig. 4.1).

Tabela 4.1. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Social (IP_SOC), na região do Submédio, Brasil.

Rank	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	CLUSTER	Taxa	IP_SOC
1	Petrolina	PE	35	24L	335164,333	8960686,583	1	0,01	0,0001
2	Juazeiro	BA	35	24L	335414,557	8959243,741	2	0,03	0,0003
3	Araripina	PE	1	24M	334660,809	9162240,036	3	0,06	0,0006
4	Arcoverde	PE	8	24L	714236,625	9068821,395	3	0,09	0,0009
5	Casa Nova	BA	20	24L	283394,363	8986611,581	3	0,12	0,0012
6	Ouricuri	PE	1	24M	380720,926	9128499,227	3	0,15	0,0015
7	Salgueiro	PE	3	24L	486831,155	9107462,602	3	0,18	0,0018
8	Serra Talhada	PE	5	24M	577287,661	9116488,522	3	0,21	0,0021
9	Abaré	BA	16	24L	487433,391	9036032,391	4	0,25	0,0025
10	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027,496	9142969,099	4	0,29	0,0029
11	Afrânio	PE	19	24L	279253,518	9058156,845	4	0,33	0,0033
12	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718,801	9032318,198	4	0,37	0,0037
13	Betânia	PE	9	24L	606327,722	9085163,479	4	0,41	0,0041
14	Bodocó	PE	1	24M	396191,058	9140053,987	4	0,45	0,0045
15	Brejinho	PE	6	24M	689145,529	9187220,828	4	0,49	0,0049
16	Cabrobó	PE	2	24L	465843,029	9058807,295	4	0,53	0,0053
17	Calumbi	PE	5	24M	593647,197	9122047,340	4	0,57	0,0057
18	Carnaíba	PE	5	24M	632945,666	9137000,500	4	0,61	0,0061
19	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070,177	9080369,975	4	0,65	0,0065
20	Cedro	PE	3	24M	473617,817	9146426,509	4	0,69	0,0069
21	Chorrochó	BA	16	24L	489365,774	9007349,564	4	0,73	0,0073
22	Curaçá	BA	18	24L	399993,191	9006059,965	4	0,77	0,0077
23	Custódia	PE	8	24L	649477,066	9105741,351	4	0,81	0,0081
24	Dormentes	PE	19	24L	304973,882	9065779,156	4	0,85	0,0085
25	Exu	PE	1	24M	420063,929	9169552,647	4	0,89	0,0089
26	Flores	PE	5	24M	612987,960	9130112,015	4	0,93	0,0093
27	Floresta	PE	12	24L	547427,965	9049182,088	4	0,97	0,0097
28	Glória	BA	15	24L	581802,372	8967647,770	4	1,01	0,0101
29	Granito	PE	1	24M	432171,454	9146999,225	4	1,05	0,0105
30	Ibimirim	PE	8	24L	644107,319	9055658,828	4	1,09	0,0109
31	Iguaraci	PE	7	24M	663659,429	9133584,884	4	1,13	0,0113
32	Inajá	PE	8	24L	629275,846	9015775,160	4	1,17	0,0117
33	Ingazeira	PE	6	24M	669850,010	9151164,975	4	1,21	0,0121
34	Ipubi	PE	1	24M	373240,504	9153972,500	4	1,25	0,0125
35	Itacurubá	PE	13	24L	534792,968	9035251,918	4	1,29	0,0129
36	Itapetim	PE	6	24M	699714,319	9183984,009	4	1,33	0,0133
37	Jatobá	PE	15	24L	580281,786	8984789,025	4	1,37	0,0137
38	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143,742	9005204,178	4	1,41	0,0141
39	Macururé	BA	16	24L	493643,744	8986590,101	4	1,45	0,0145
40	Manari	PE	8	24L	650755,509	9008820,156	4	1,49	0,0149
41	Mata Grande	BA	8	24L	639273,508	8991874,268	4	1,53	0,0153
42	Mirandiba	PE	4	24L	529767,308	9102356,883	4	1,57	0,0157
43	Moreilândia	PE	1	24M	439174,387	9156436,713	4	1,61	0,0161
44	Orocó	PE	2	24L	448972,427	9054460,236	4	1,65	0,0165
45	Ourolândia	BA	33	24L	272329,521	8786479,793	4	1,68	0,0168
46	Pariconha	BA	8	24L	609284,48	8977009,707	4	1,72	0,0172
47	Parnamirim	PE	1	24L	436241,897	9105607,428	4	1,76	0,0176
48	Petrolândia	PE	15	24L	585762,618	9007321,150	4	1,80	0,0180
49	Pilao Arcado	BA	26	23L	773566,250	8893175,640	4	1,84	0,0184
50	Quixabá	PE	5	24M	626967,392	9146415,924	4	1,88	0,0188
51	Remanso	BA	23	23L	820346,875	8935013,707	4	1,92	0,0192
52	Rodelas	BA	16	24L	525618,431	9022175,988	4	1,96	0,0196

Continua...

Tabela 4.1. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Social (IP_SOCI), na região do Submédio, Brasil.

Continuação...

Rank	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	CLUSTER	Taxa	IP_SOC
53	Santa Cruz	PE	18	24L	352949,525	9088885,729	4	2,00	0,0200
54	Santa Cruz da Baixa Verde	PE	5	24M	593368,102	9135407,665	4	2,04	0,0204
55	Santa Filomena	PE	18	24L	321975,764	9097342,685	4	2,08	0,0208
56	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170,060	9026260,446	4	2,12	0,0212
57	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727,579	9184164,836	4	2,16	0,0216
58	São José do Belmonte	PE	4	24M	526448,349	9130979,874	4	2,20	0,0220
59	São José do Egito	PE	6	24M	690378,058	9172899,613	4	2,24	0,0224
60	Sento Sé	BA	23	24L	183376,658	8921299,613	4	2,28	0,0228
61	Serrita	PE	3	24M	467354,766	9123022,291	4	2,32	0,0232
62	Sertânia	PE	8	24L	691212,222	9107119,016	4	2,36	0,0236
63	Sobradinho	BA	29	24L	299775,029	8954250,643	4	2,40	0,0240
64	Solidão	PE	5	24M	648670,503	9159622,021	4	2,44	0,0244
65	Tabira	PE	5	24M	661086,874	9160626,188	4	2,48	0,0248
66	Tacaratu	PE	8	24L	593455,796	8993359,940	4	2,52	0,0252
67	Terra Nova	PE	3	24L	458598,039	9090248,012	4	2,56	0,0256
68	Trindade	PE	1	24M	360161,389	9141772,222	4	2,60	0,0260
69	Triunfo	PE	5	24M	598999,469	9133461,111	4	2,64	0,0264
70	Tuparetama	PE	6	24M	686247,265	9159275,230	4	2,68	0,0268
71	Umburanas	BA	33	24L	245524,683	8812565,453	4	2,72	0,0272
72	Várzea Nova	BA	33	24L	287964,030	8754684,387	4	2,76	0,0276
73	Verdejante	PE	3	24M	503083,778	9123893,653	4	2,80	0,0280

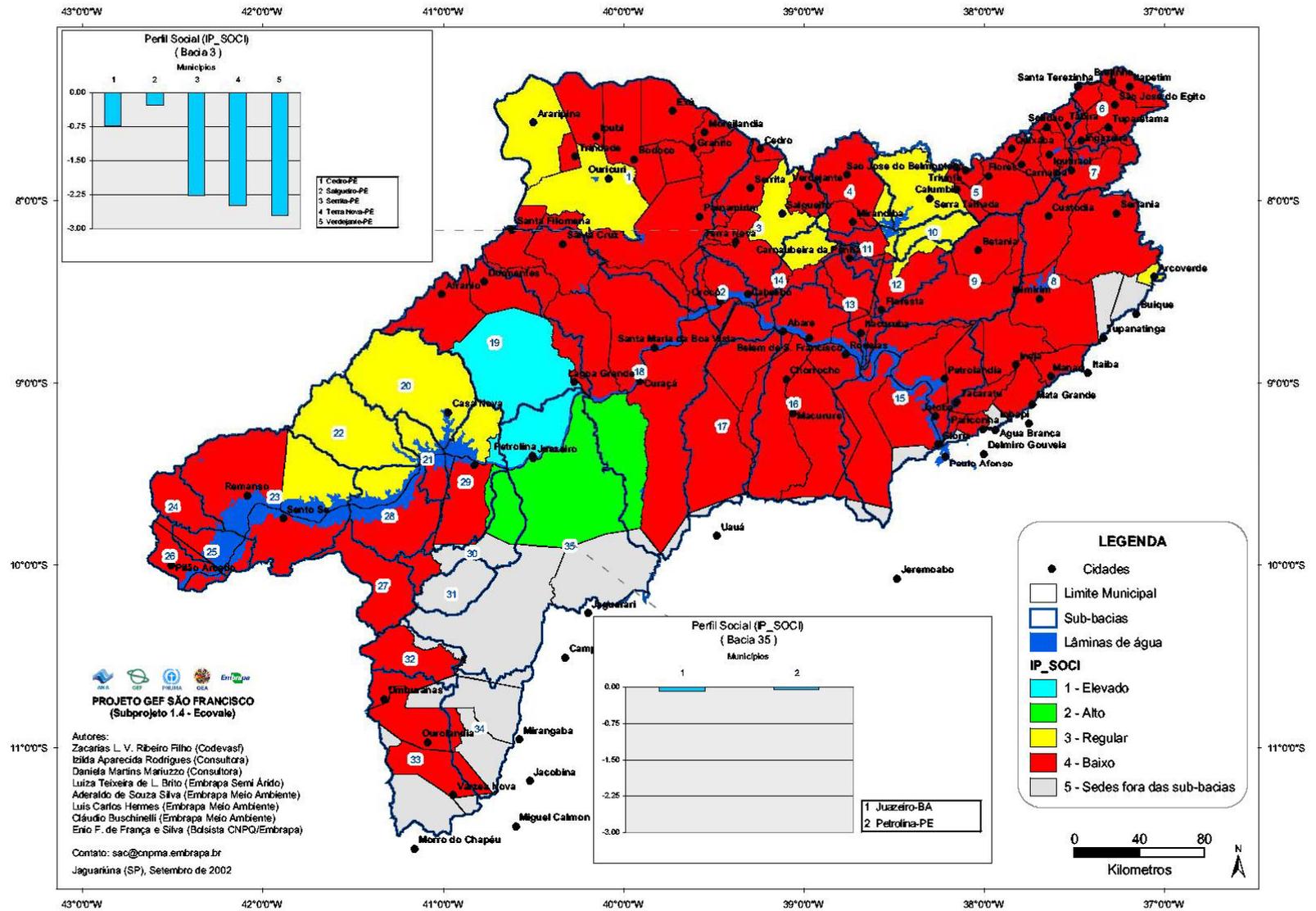


Fig. 4.1. Índice do Perfil Social (IP_SOCI) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

Como produto dessa análise, obteve-se com IP_SOCI elevado somente o município de Petrolina, PE em cor azul e com IP_SOCI alto, também um único município, Juazeiro, BA, representado em cor verde. Os indicadores que mais influenciaram esses atributos do Perfil Social, elevado e alto, relacionam-se, sobretudo ao atendimento diferenciado na área de saúde, educação e atendimento aos bens públicos (Tabela 4.1).

Seis outros municípios (Araripina, Arcoverde, Casa Nova, Ouricuri, Salgueiro e Serra Talhada) formaram um grupo homogêneo com o IP_SOCI regular, recebendo a cor amarela, em função do indicador Oferta de Empregos. Por último, com IP_SOCI refletindo o atributo social baixo, foram incorporados os 65 municípios restantes, com a cor vermelha, em função do indicador Serviços Básicos (Tabela 4.1).

A partir desses resultados pode-se concluir que o atendimento às necessidades básicas da população, quando analisada na dimensão regional, é altamente desigual e reflete os problemas sociais da região semi-árida nordestina, no tocante ao acesso à educação e a saúde, sendo somente significativa para uma pequena parcela da população.

4.2. Índice do Perfil Econômico - IP_ECON

O desenvolvimento econômico decorrente dos sistemas de produção e consumo vigentes está sendo questionado nos grandes fóruns mundiais. O cenário econômico, caracterizado pela concentração de renda e conseqüente desequilíbrio do crescimento econômico entre os continentes, países, regiões e as economias locais, associado ao uso inadequado dos recursos naturais, surge como um dos grandes desafios deste século (Maier, 1991, Hogan & Vieira, 1992, Taylor & Buttel, 1992, Nogueira & Surkin, 1993, CPDS, 2002b).

O IP_ECON do Submédio São Francisco foi composto por dez indicadores (empresas, produção da extração vegetal, finanças públicas, instituições financeiras, salários e outras remunerações, produto interno bruto, unidades locais, lavoura permanente, lavoura temporária, pesquisa pecuária municipal), caracterizados por 229 variáveis provenientes das informações disponibilizadas pela Fundação IBGE (FIBGE, 2002). O Anexo 2 traz os indicadores com as respectivas variáveis estudadas para o exame do perfil econômico regional. Essas variáveis foram agrupadas através da análise multivariada em quatro grandes grupos descritos a seguir:

- Fator 1 - Gastos Públicos em Infra-estrutura, com 56,1% da carga fatorial total;
- Fator 2 - Fruticultura Irrigada, com 26,8% da carga fatorial total;
- Fator 3 - Agricultura de Sequeiro (dependente de chuva), com 9,5% da carga fatorial total;
- Fator 4 - Outras Culturas de Comercialização Sazonal, com 7,6% da carga fatorial total.

4.2.1. Qualificação dos quatro Fatores resultantes no Perfil Econômico

- Fator 1 - Gastos Públicos em Infra-estrutura

O Fator 1, denominado Gastos Públicos em Infra-Estrutura, caracterizou vários municípios. Apresenta carga fatorial equivalente a 56,1% da carga fatorial total, e compreende

118 variáveis ou 51,5% das variáveis totais. O Fator 1 tem as variáveis de “salário e outras remunerações” como as mais representativas, com cargas fatoriais próximas a 0,97. O segundo conjunto de importância na análise fatorial foi aquele que agrupou as variáveis pertencentes às finanças públicas, ressaltando-se aquelas ligadas às receitas orçamentárias correntes, com cargas fatoriais também próximas a 0,97. Esse conjunto agrupou 47 variáveis, que corresponderam a 90% das variáveis totais relativas às finanças públicas por ocasião da análise.

O Fator 1 mostrou diferenças relativas à oferta de empregos e aos gastos públicos, presentes e realizados somente em certos municípios do Submédio São Francisco. A oferta de empregos liga-se principalmente ao desenvolvimento de atividades do setor terciário, ao atendimento à demanda por educação, transporte e construção. A necessidade em investimentos em infra-estrutura na região foi reafirmada na análise desse IP_ECON, por meio do direcionamento das finanças públicas ao atendimento à saúde e ao saneamento básico, assim como ao estímulo à produção e circulação de mercadorias, favorecendo o intercâmbio entre as áreas da sub-bacia, presentes em poucos municípios.

- Fator 2 - Fruticultura Irrigada

O Fator 2, denominado Fruticultura Irrigada, agrupou 47 variáveis, correspondendo a 20,5% das variáveis totais e 26,8% da carga fatorial total. O Fator 2 incorporou as variáveis pertencentes às lavouras perenes e às lavouras semi-perenes, especialmente aquelas relacionadas à fruticultura irrigada. As culturas evidenciadas foram: coco verde irrigado, maracujá, manga e cana-de-açúcar (não forragem). As atividades ligadas à extração vegetal de produtos alimentícios (frutos de umbu), assim como algumas variáveis ligadas ao indicador pecuária municipal, reforçam ainda a predominância de atividades do setor primário de produção em alguns municípios pertencentes à região em estudo.

A fruticultura irrigada espelha investimentos na produção agrícola, evidenciando os municípios pelo recebimento de incentivos, o que permite a diferenciação com os demais no Perfil Econômico, como fato que se associa a outras atividades agropecuárias e extrativistas, assim como ao desenvolvimento de pesquisas para o melhoramento destas atividades.

- Fator 3 - Agricultura de Sequeiro

O Fator 3 representa o perfil de uma série de municípios que se destacam pela cultura de subsistência, representada pelas culturas temporárias, essencialmente grãos, e por dependerem, exclusivamente, da ocorrência de chuvas para obtenção de sucesso na produtividade dessas culturas. As culturas evidenciadas foram feijão (grão), milho (grão) e mandioca. Em relação às culturas de subsistência, foram agrupadas 24 variáveis, representando 63% de todas as variáveis, com cargas fatoriais em torno de 0,79, o que representa 9,5% da carga fatorial total.

- Fator 4 - Outras Culturas de Comercialização Sazonal

O Fator 4 agrupou principalmente, a cultura do arroz irrigado e a da cebola, sendo representado por 26 variáveis, ou 11,4% das variáveis totais e 7,6% da carga fatorial total.

Com base nos resultados apresentados foi construído o IP_ECON, sendo convencionados quatro atributos de qualificação: IP_ECON elevado (cor azul), IP_ECON alto (cor verde), IP_ECON regular (cor amarela) e IP_ECON baixo (cor vermelha) (Fig. 4.2). Assim, os municípios com o Perfil Econômico apresentando índice elevado encontram-se caracterizados pelos efeitos decorrentes do indicador Finanças Públicas Municipais: capacidade de investimento em saúde e saneamento; capacidade para arrecadar tributos municipais e capacidade de endividamento municipal; sistema de produção agrícola estruturado e estrutura privilegiada de captação de receitas.

Os resultados obtidos com este Índice sinalizam uma desigualdade econômica altamente significativa entre municípios no âmbito regional. O município melhor classificado foi Petrolina, PE, representado pelo Indicador Gastos Públicos em Infra-estrutura (Fator 1), em cor azul. Em segundo lugar, destaca-se, também, um único município, Juazeiro, BA, tendo como referência o indicador Agricultura Irrigada (Fator 2), representado pela cor verde.

O terceiro grupo homogêneo congregou os municípios de Araripina (PE), Arcoverde (PE), Casa Nova (BA), Petrolândia (PE), Salgueiro (PE), Santa Maria da Boa Vista (PE), São José do Egito (PE) e Serra Talhada (PE), representados pelo indicador Outras Culturas de Comercialização Sazonal (Fator 4), em amarelo. Por outro lado, 61 dos 73 municípios pesquisados (83,6 %) foram classificados em um último grupo, com o IP_ECON baixo (na cor vermelha), sendo representado pelo indicador Agricultura de Sequeiro. Salienta-se que este último grupo, mesmo dispondo de áreas com agricultura irrigada, detém uma significativa parte da população rural dedicada à agricultura dependente de chuva.

O Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) dos 73 municípios, segundo as 35 sub-bacias, encontra-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Econômico (IP_ECON), na região do Submédio.

Rank	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	CLUSTER	taxa	IP ECON
1	Petrolina	PE	35	24L	335164,333	8960686,583	1	0,01	0,0001
2	Juazeiro	BA	35	24L	335414,557	8959243,741	2	0,03	0,0003
3	Araripina	PE	1	24M	334660,809	9162240,036	3	0,06	0,0006
4	Arcoverde	PE	8	24L	714236,625	9068821,395	3	0,09	0,0009
5	Casa Nova	BA	20	24L	283394,363	8986611,581	3	0,12	0,0012
6	Petrolândia	PE	15	24L	585762,618	9007321,150	3	0,15	0,0015
7	Salgueiro	PE	3	24L	486831,155	9107462,602	3	0,18	0,0018
8	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170,060	9026260,446	3	0,21	0,0021
9	São José do Egito	PE	6	24M	690378,058	9172899,613	3	0,24	0,0024
10	Serra Talhada	PE	5	24M	577287,661	9116488,522	3	0,27	0,0027
11	Abaré	BA	16	24L	487433,391	9036032,391	4	0,31	0,0031
12	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027,496	9142969,099	4	0,35	0,0035
13	Afrânio	PE	19	24L	279253,518	9058156,845	4	0,39	0,0039
14	Belém do S. Francisco	PE	16	24L	503718,801	9032318,198	4	0,43	0,0043
15	Betânia	PE	9	24L	606327,722	9085163,479	4	0,47	0,0047
16	Bodocó	PE	1	24M	396191,058	9140053,987	4	0,52	0,0052
17	Brejinho	PE	6	24M	689145,529	9187220,828	4	0,56	0,0056
18	Cabrobó	PE	2	24L	465843,029	9058807,295	4	0,60	0,0060
19	Calumbi	PE	5	24M	593647,197	9122047,340	4	0,64	0,0064
20	Carnaíba	PE	5	24M	632945,666	9137000,500	4	0,68	0,0068
21	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070,177	9080369,975	4	0,72	0,0072
22	Cedro	PE	3	24M	473617,817	9146426,509	4	0,76	0,0076
23	Chorrochó	BA	16	24L	489365,774	9007349,564	4	0,80	0,0080
24	Curaçá	BA	18	24L	399993,191	9006059,965	4	0,84	0,0084
25	Custódia	PE	8	24L	649477,066	9105741,351	4	0,88	0,0088
26	Dormentes	PE	19	24L	304973,882	9065779,156	4	0,92	0,0092
27	Exu	PE	1	24M	420063,929	9169552,647	4	0,96	0,0096
28	Flores	PE	5	24M	612987,960	9130112,015	4	1,00	0,0100
29	Floresta	PE	12	24L	547427,965	9049182,088	4	1,04	0,0104
30	Glória	BA	15	24L	581802,372	8967647,770	4	1,08	0,0108
31	Granito	PE	1	24M	432171,454	9146999,225	4	1,12	0,0112
32	Ibimirim	PE	8	24L	644107,319	9055658,828	4	1,16	0,0116
33	Iguaraci	PE	7	24M	663659,429	9133584,884	4	1,20	0,0120
34	Inajá	PE	8	24L	629275,846	9015775,160	4	1,24	0,0124
35	Ingazeira	PE	6	24M	669850,010	9151164,975	4	1,28	0,0128
36	Ipubi	PE	1	24M	373240,504	9153972,500	4	1,32	0,0132
37	Itacurubi	PE	13	24L	534792,968	9035251,918	4	1,36	0,0136
38	Itapetim	PE	6	24M	699714,319	9183984,009	4	1,40	0,0140
39	Jatobá	PE	15	24L	580281,786	8984789,025	4	1,44	0,0144
40	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143,742	9005204,178	4	1,48	0,0148
41	Macururé	BA	16	24L	493643,744	8986590,101	4	1,53	0,0153
42	Manari	PE	8	24L	650755,509	9008820,156	4	1,57	0,0157
43	Mata Grande	BA	8	24L	639273,508	8991874,268	4	1,61	0,0161
44	Mirandiba	PE	4	24L	529767,308	9102356,883	4	1,65	0,0165
45	Moreilandia	PE	1	24M	439174,387	9156436,713	4	1,69	0,0169
46	Orocó	PE	2	24L	448972,427	9054460,236	4	1,73	0,0173
47	Ouricuri	PE	1	24M	380720,926	9128499,227	4	1,77	0,0177
48	Ourolândia	BA	33	24L	272329,521	8786479,793	4	1,81	0,0181
49	Pariconha	BA	0	24L	609284,480	8977009,707	4	1,85	0,0185
50	Parnamirim	PE	1	24L	436241,897	9105607,428	4	1,89	0,0189
51	Pilão Arcado	BA	26	23L	773566,250	8893175,640	4	1,93	0,0193
52	Quixabá	PE	5	24M	626967,392	9146415,924	4	1,97	0,0197

Continua...

Tabela 4.2. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Econômico (IP_ECON), na região do Submédio.

Continuação...

Rank	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	CLUSTER	taxa	IP ECON
53	Remanso	BA	23	23L	820346,875	8935013,707	4	2,01	0,0201
54	Rodelas	BA	16	24L	525618,431	9022175,988	4	2,05	0,0205
55	Santa Cruz	PE	18	24L	352949,525	9088885,729	4	2,09	0,0209
56	Santa Cruz da Baixa Verde	PE	5	24M	593368,102	9135407,665	4	2,13	0,0213
57	Santa Filomena	PE	18	24L	321975,764	9097342,685	4	2,17	0,0217
58	Santa Teresinha	PE	6	24M	667727,579	9184164,836	4	2,21	0,0221
59	São José do Belmonte	PE	4	24M	526448,349	9130979,874	4	2,25	0,0225
60	Sento Sé	BA	23	24L	183376,658	8921299,613	4	2,29	0,0229
61	Serrita	PE	3	24M	467354,766	9123022,291	4	2,33	0,0233
62	Sertânia	PE	8	24L	691212,222	9107119,016	4	2,37	0,0237
63	Sobradinho	BA	23	24L	299775,029	8954250,643	4	2,41	0,0241
64	Solidão	PE	5	24M	648670,503	9159622,021	4	2,45	0,0245
65	Tabira	PE	5	24M	661086,874	9160626,188	4	2,49	0,0249
66	Tacaratu	PE	8	24L	593455,796	8993359,940	4	2,54	0,0254
67	Terra Nova	PE	3	24L	458598,039	9090248,012	4	2,58	0,0258
68	Trindade	PE	1	24M	360161,389	9141772,222	4	2,62	0,0262
69	Triunfo	PE	5	24M	598999,469	9133461,111	4	2,66	0,0266
70	Tuparetama	PE	6	24M	686247,265	9159275,230	4	2,70	0,0270
71	Umburanas	BA	33	24L	245524,683	8812565,453	4	2,74	0,0274
72	Várzea Nova	BA	33	24L	287964,030	8754684,387	4	2,78	0,0278
73	Verdejante	PE	3	24M	503083,778	9123893,653	4	2,82	0,0282

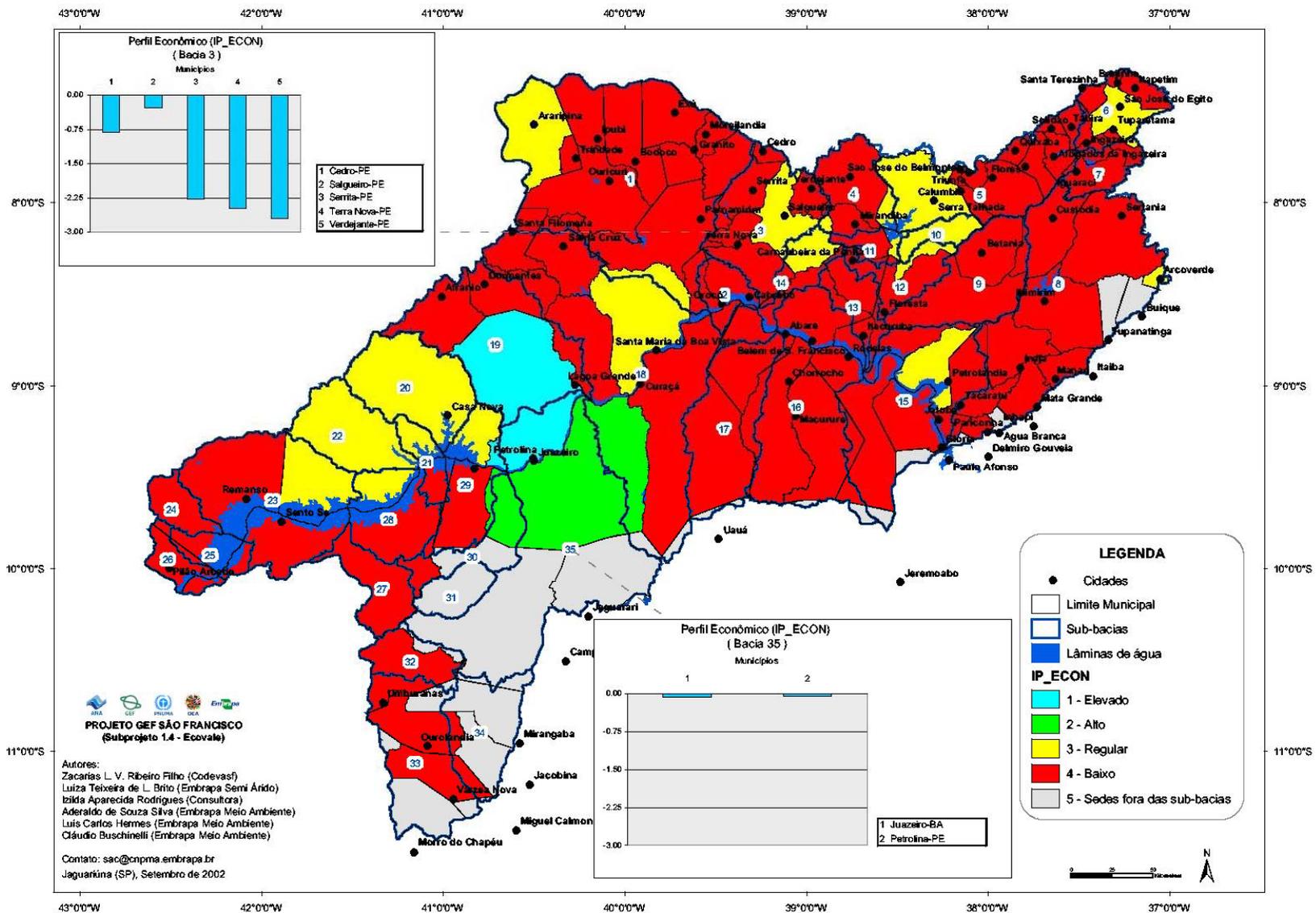


Fig. 4.2. Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

4.3. Considerações Finais

A avaliação socioeconômica dos municípios do Submédio São Francisco teve como base as condições social e econômica estabelecidas para a região. Foram integrados indicadores capazes de representar a distribuição de características relativas à qualidade de vida da população residente, que se apresentaram favoráveis somente a uma pequena parte desses municípios.

No Perfil Social, Petrolina (PE) obteve a melhor condição (IP_SOCI elevado) e o município de Juazeiro (BA) o Índice do Perfil Social alto, influenciados sobretudo, pelos indicadores relacionados ao atendimento diferenciado na área de saúde, educação e atendimento aos bens públicos. Alguns outros municípios foram agrupados na condição regular e a grande maioria (65 municípios) apresentaram a condição ruim.

No Perfil Econômico a situação se repete para os dois municípios mencionados acima, sinalizada por investimentos em infra-estrutura municipal e pelo favorecimento ao desenvolvimento da agricultura irrigada. Poucos municípios foram agrupados na condição econômica regular e a grande maioria deles (61 municípios) na condição ruim.

Os resultados obtidos com estes Índices sinalizam a desigualdade social e econômica altamente significativa entre os municípios avaliados, salientando-se uma grande diferença na estrutura promotora do desenvolvimento regional, refletindo nas oportunidades de geração de renda e emprego e na melhoria na qualidade de vida da população residente, que deveria ser promovida por investimentos e incentivos dentro e fora da região, tendo como base as condições já existentes e os planos de desenvolvimento local sustentável.

4.4. Referências

CPDS. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias**. Brasília: MMA : PNUD, 2002a. 160 p.

CPDS. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional**, por M. Bezerra, J. do Carmo; M. M.Facchina, O. Ribas. Brasília: MMA: PNUD, 2002b. 154 p.

DERMAN, W.; WHITEFORD, S. Introduction. In: DERMAN, W.; WHITEFORD, S. **Issues in social impact analysis and development: social impacts analysis and development planning in the Third World**. Boulder: Westview Press, 1985. p. 1-17. (Social Impact Assessment Series, 12).

HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. (Org.). **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1992. 234 p.

IBGE Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações municipais: base de dados**. Rio de Janeiro, 2002.

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **World conservation strategy**: living resource conservation for sustainable development. Bern: IUCN :UNEP : WWF, 1980.

MAIER-RIGAUD, G. Background to the conflict between economic and ecological ends. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 4, p. 83-91, 1991.

NOGUEIRA, J. M.; SURKIN, J. B. **Towards a new international environmental order?** Ottawa: Brock University, 1993. (Reflection on UNCED, 92).

RODRIGUES, I. A. **A dimensão sócio-ambiental e o manejo de áreas naturais sob proteção**: a temática ambiental e a pluralidade do Ciclo de Seminários do NEPAM. Campinas: UNICAMP, 1996. p. 153-178.

TAYLOR, P. J.; BUTTEL, E. H. How do we know we have global environmental problems? Science and the Globalization of Environmental Discourse. **Geoforum**, London, v. 20, n. 10, 1992.

UNITED NATIONS. **Agenda 21 - Rio Declaration**: forest principles in United Nations Conference and Development. Rio de Janeiro, 1992.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Our common future**. New York: Oxford University Press, 1987. 383 p.

ANEXOS

1. INDICADORES E VARIÁVEIS DO PERFIL ECONÔMICO: SUSTENTABILIDADE DO USO DA ÁGUA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Indicadores: Empresas

Cód. Variável	Descrição
emp005	Sedes de empresas com CNPJ
emp006	Sedes de empresas com CNPJ – única unidade local - sem filiais
emp007	Sedes de empresas com CNPJ – mais de uma unidade local - com filiais
emp036	Sedes de empresas com CNPJ – natureza jurídica - administração pública
emp037	Sedes de empresas com CNPJ – natureza jurídica - sociedade por contas de responsabilidade limitada
emp038	Sedes de empresas com CNPJ – natureza jurídica - firma individual/pessoa física equiparada a jurídica
emp039	Sedes de empresas com CNPJ - natureza jurídica - sociedade civil com fins lucrativos
emp040	Sedes de empresas com CNPJ - natureza jurídica - outras entidades empresariais
emp041	Sedes de empresas com CNPJ - natureza jurídica – associação
emp042	Sedes de empresas com CNPJ - natureza jurídica - outras entidades sem fins lucrativos
emp043	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - administração pública
emp044	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - sociedade por contas de responsabilidade limitada
emp045	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - firma individual/pessoa física equiparada a jurídica
emp046	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - sociedade civil com fins lucrativos
emp047	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - outras entidades empresariais
emp048	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - associação
emp049	Sedes de empresas com CNPJ - única unidade local - sem filiais - natureza jurídica - outras entidades sem fins lucrativos
emp058	Sedes de empresas com CNPJ - pesca
emp059	Sedes de empresas com CNPJ - indústrias extrativas
emp060	Sedes de empresas com CNPJ - indústrias de transformação
emp062	Sedes de empresas com CNPJ – construção
emp064	Sedes de empresas com CNPJ - alojamento e alimentação
emp066	Sedes de empresas com CNPJ – intermediação financeira
emp067	Sedes de empresas com CNPJ – educação
emp068	Sedes de empresas com CNPJ - saúde e serviços sociais

Indicador: Produção da Extração Vegetal

Cód. Variável	Descrição
ext039	Produtos oleaginosos - babaçu (amêndoa) - quantidade
ext040	Produtos oleaginosos - babaçu (amêndoa) - valor
ext045	Produtos oleaginosos - licuri (coquilho) - quantidade
ext046	Produtos oleaginosos - licuri (coquilho) - valor
ext057	Produtos alimentícios - castanha de cajú - quantidade
ext058	Produtos alimentícios - castanha de cajú - valor
ext069	Produtos alimentícios - umbu (fruto) - quantidade
ext070	Produtos alimentícios - umbu (fruto) - valor
ext072	Produtos aromáticos
ext079	madeiras – extração vegetal - carvão vegetal - quantidade
ext080	madeiras – extração vegetal - carvão vegetal - valor
ext081	madeiras – extração vegetal - lenha - quantidade
ext082	madeiras – extração vegetal - lenha - valor
ext083	madeiras – extração vegetal - madeira em tora - quantidade
ext084	madeiras – extração vegetal - madeira em tora - valor
ext089	madeiras – produtos - carvão vegetal – quantidade
ext090	madeiras – produtos - carvão vegetal – valor

Indicador: Finanças Públicas

Cód. Variável	Descrição
fin005	Receitas orçamentárias realizadas correntes – 1997
fin006	Receitas orçamentárias realizadas – 1997
fin007	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - 1997
fin008	Receitas orçamentárias realizadas correntes - patrimoniais - 1997
fin009	Receitas orçamentárias realizadas correntes - industriais - 1997
fin010	Receitas orçamentárias realizadas correntes - transferências - 1997
fin011	Outras receitas orçamentárias realizadas correntes - 1997 -
fin012	Receitas orçamentárias realizadas de capital - 1997
fin013	Receitas orçamentárias realizadas de capital - operações de crédito - 1997
fin014	Receitas orçamentárias realizadas de capital - alienação de bens - 1997
fin015	Receitas orçamentárias realizadas de capital - transferências de capital - 1997
fin016	Outras receitas orçamentárias realizadas de capital - 1997 -
fin017	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos - 1997
fin018	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos sobre o patrimônio e renda - 1997
fin019	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos sobre o patrimônio e a renda - IPTU - 1997
fin020	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos sobre o patrimônio e a renda - ITBI - 1997
fin021	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos sobre a produção e a circulação - 1997
fin022	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos sobre a produção e a circulação - ISS-1997
fin023	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - impostos sobre a produção e a circulação - IVVC - 1997
fin024	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - taxas - 1997
fin025	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - taxas do poder de polícia - 1997
fin026	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - taxas de prestação de serviços - 1997
fin027	Receitas orçamentárias realizadas correntes - tributárias - contribuição de melhoria - 1997
fin028	Receitas orçamentárias realizadas correntes - transferências correntes - 1997
fin029	Receitas orçamentárias realizadas correntes - transferências - cota-parte ICMS - 1997
fin030	Receitas orçamentárias realizadas correntes - transferências - cota-parte IPVA - 1997
fin031	Receitas orçamentárias realizadas correntes - transferências - FPEX
fin032	Receitas orçamentárias realizadas correntes - outras transferências - 1997
fin033	Receitas orçamentárias realizadas capital – transferências de capital - 1997
fin034	Receitas orçamentárias realizadas capital – transferências da União - 1997
fin035	Receitas orçamentárias realizadas capital – transferências dos Estados - 1997
fin036	Receitas orçamentárias realizadas capital - outras transferências de capital - 1997
fin037	Despesas orçamentárias realizadas – 1997
fin038	Despesas orçamentárias realizadas correntes – 1997
fin039	Despesas orçamentárias realizadas correntes – custeio - 1997
fin040	Despesas orçamentárias realizadas correntes – custeio de pessoal - 1997
fin041	Despesas orçamentárias realizadas correntes – custeio com serviços de terceiros - 1997
fin042	Despesas orçamentárias realizadas correntes – transferências correntes - 1997
fin043	Despesas orçamentárias realizadas correntes – transferências intragovernamentais - 1997
fin044	Despesas orçamentárias realizadas correntes – transferências a pessoas - 1997
fin045	Despesas orçamentárias realizadas de capital – 1997
fin046	Despesas orçamentárias realizadas de capital – investimentos - 1997
fin047	Despesas orçamentárias realizadas de capital – inversões financeiras - 1997
fin048	Despesas orçamentárias realizadas de capital – transferência de capital - 1997
fin049	Despesas orçamentárias realizadas por função – 1997
fin050	Despesas orçamentárias realizadas por função – legislativa - 1997
fin051	Despesas orçamentárias realizadas por função – judiciária - 1997
fin052	Despesas orçamentárias realizadas por função – planejamento - 1997
fin053	Despesas orçamentárias realizadas por função – agricultura - 1997
fin054	Despesas orçamentárias realizadas por função – comunicações - 1997
fin055	Despesas orçamentárias realizadas por função – Defesa Nacional e Segurança Pública - 1997
fin056	Despesas orçamentárias realizadas por função – desenvolvimento regional - 1997
fin057	Despesas orçamentárias realizadas por função – educação e cultura - 1997
fin058	Despesas orçamentárias realizadas por função – energia e recursos minerais - 1997
fin059	Despesas orçamentárias realizadas por função – habitação e urbanismo - 1997
fin060	Despesas orçamentárias realizadas por função – indústria e comércio - 1997
fin061	Despesas orçamentárias realizadas por função – relações exteriores - 1997
fin062	Despesas orçamentárias realizadas por função – saúde e saneamento - 1997
fin063	Despesas orçamentárias realizadas por função – trabalho - 1997
fin064	Despesas orçamentárias realizadas por função – assistência e previdência social - 1997
fin065	Despesas orçamentárias realizadas por função – transportes - 1997
fin066	Outras despesas orçamentárias realizadas por função - 1997
fin067	Valor do Fundo de Participação dos Municípios - FPM - 2000
fin068	Valor do Imposto Territorial Rural – ITR - 2000
fin069	Valor do Imposto sobre Operações Financeiras – IOF - OURO - repassado aos Municípios - 2000
fin070	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério - FUNDEF – 2000

Indicador: Instituições Financeiras

Cód. Variável	Descrição
ins005	Agências bancárias
ins006	Valor das aplicações
ins007	Valor dos depósitos à vista - governo
ins008	Valor dos depósitos à vista - privados
ins009	Valor da poupança
ins010	Valor dos depósitos à prazo
ins011	Valor das obrigações por receber

Indicador: Salários e Outras Remunerações

Cód. Variável	Descrição
sal005	Salários e outras remunerações - unidades locais
sal032	Salários e outras remunerações - unidades locais - agricultura
sal040	Salários e outras remunerações - unidades locais - pesca
sal048	Salários e outras remunerações - unidades locais - indústrias extrativas
sal056	Salários e outras remunerações - unidades locais - indústrias de transformação
sal064	Salários e outras remunerações - unidades locais - produção e distribuição de eletricidade
sal065	Salários e outras remunerações - unidades locais - construção
sal073	Salários e outras remunerações - unidades locais - comércio; reparação de veículos automotores
sal074	Salários e outras remunerações - unidades locais - alojamento e alimentação
sal082	Salários e outras remunerações - unidades locais - transporte
sal083	Salários e outras remunerações - unidades locais - intermediação financeira
sal093	Salários e outras remunerações - unidades locais - educação
sal101	Salários e outras remunerações - unidades locais - saúde e serviços sociais

Indicador: Produto Interno Bruto

Cód. Variável	Descrição
pib009	Produto Interno Bruto

Indicador: Unidades Locais

Cód. Variável	Descrição
loc008	Unidades locais - empresas com CNPJ
loc009	Unidades locais - agricultura
loc010	Unidades locais - pesca
loc011	Unidades locais - indústrias extrativas
loc012	Unidades locais - indústrias de transformação
loc013	Unidades locais - indústrias de transformação - 50 a 99 pessoas ocupadas
loc014	Unidades locais - construção
loc015	Unidades locais - comércio; reparação de veículos automotores
loc016	Unidades locais - alojamento e alimentação
loc017	Unidades locais - alojamento e alimentação - sem pessoal ocupado
loc018	Unidades locais - transporte
loc019	Unidades locais - atividades imobiliárias
loc020	Unidades locais - educação
loc021	Unidades locais - serviços coletivos

Indicador: Lavoura Permanente

Cód. Variável	Descrição
lpe025	Café (coco) – área destinada à colheita
lpe026	Café (coco) – área plantada
lpe027	Café (coco) – quantidade produzida
lpe028	Café (coco) – rendimento médio
lpe029	Café (coco) – valor
lpe030	Castanha de caju - área destinada à colheita
lpe031	Castanha de caju - área plantada
lpe032	Castanha de caju - quantidade produzida
lpe033	Castanha de caju - rendimento médio
lpe034	Castanha de caju - valor
lpe085	Uva - área destinada à colheita
lpe086	Uva – área plantada
lpe087	Uva – quantidade produzida
lpe088	Uva – rendimento médio
lpe089	Uva – valor
lpe095	Banana – área destinada à colheita
lpe096	Banana – área plantada
lpe097	Banana – quantidade produzida
lpe098	Banana – rendimento médio
lpe099	Banana – valor
lpe105	Coco-da-baía - área destinada à colheita
lpe106	Coco-da-baía - área plantada
lpe107	Coco-da-baía - quantidade produzida
lpe108	Coco-da-baía - rendimento médio
lpe109	Coco-da-baía - valor
lpe115	Goiaba – área destinada à colheita
lpe116	Goiaba – área plantada
lpe117	Goiaba – quantidade produzida
lpe118	Goiaba – rendimento médio
lpe119	Goiaba – valor
lpe120	Laranja – área destinada à colheita
lpe121	Laranja – área plantada
lpe122	Laranja – quantidade produzida
lpe123	Laranja – rendimento médio
lpe124	Laranja – valor
lpe135	Mamão – área destinada à colheita
lpe136	Mamão – área plantada
lpe137	Mamão – quantidade produzida
lpe138	Mamão – rendimento médio
lpe139	Mamão – valor
lpe140	Manga – área destinada à colheita
lpe141	Manga – área plantada
lpe142	Manga – quantidade produzida
lpe143	Manga – rendimento médio
lpe144	Manga – valor
lpe145	Maracujá – área destinada à colheita
lpe146	Maracujá – área plantada
lpe147	Maracujá – quantidade produzida
lpe148	Maracujá – rendimento médio
lpe149	Maracujá – valor

Indicador: Lavoura Temporária

Cód. Variável	Descrição
Ite005	Algodão herbáceo - área destinada à colheita
Ite006	Algodão herbáceo - área colhida
Ite007	Algodão herbáceo - quantidade produzida
Ite008	Algodão herbáceo - rendimento médio
Ite009	Algodão herbáceo - valor
Ite020	Arroz (casca) - área destinada à colheita
Ite021	Arroz (casca) - área plantada
Ite022	Arroz (casca) - quantidade produzida
Ite023	Arroz (casca) - rendimento médio
Ite024	Arroz (casca) - valor
Ite031	Batata-doce - área plantada
Ite032	Batata-doce - quantidade produzida
Ite033	Batata-doce - rendimento médio
Ite034	Batata-doce - valor
Ite040	Cana-de-açúcar (não forragem) - área destinada à colheita
Ite041	Cana-de-açúcar (não forragem) - área plantada
Ite042	Cana-de-açúcar (não forragem) - quantidade produzida
Ite043	Cana-de-açúcar (não forragem) - rendimento médio
Ite044	Cana-de-açúcar (não forragem) - valor
Ite045	Cebola - área destinada à colheita
Ite046	Cebola - área plantada
Ite047	Cebola - quantidade produzida
Ite048	Cebola - rendimento médio
Ite049	Cebola - valor
Ite070	Feijão (grão) - área destinada à colheita
Ite071	Feijão (grão) - área plantada
Ite072	Feijão (grão) - quantidade produzida
Ite073	Feijão (grão) - rendimento médio
Ite074	Feijão (grão) - valor
Ite095	Mamona (bagaço) - área destinada à colheita
Ite096	Mamona (bagaço) - área plantada
Ite097	Mamona (bagaço) - quantidade produzida
Ite098	Mamona (bagaço) - rendimento médio
Ite099	Mamona (bagaço) - valor
Ite100	Mandioca - área destinada à colheita
Ite101	Mandioca - área plantada
Ite102	Mandioca - quantidade produzida
Ite103	Mandioca - rendimento médio
Ite104	Mandioca - valor
Ite105	Milho (grão) - área destinada à colheita
Ite106	Milho (grão) - área plantada
Ite107	Milho (grão) - quantidade produzida
Ite108	Milho (grão) - rendimento médio
Ite109	Milho (grão) - valor
Ite125	Tomate - área destinada à colheita
Ite126	Tomate - área plantada
Ite127	Tomate - quantidade produzida
Ite128	Tomate - rendimento médio
Ite129	Tomate - valor
Ite140	Melancia - área destinada à colheita
Ite141	Melancia - área plantada
Ite142	Melancia - quantidade produzida
Ite143	Melancia - rendimento médio
Ite144	Melancia - valor

Indicador: Pesquisa Pecuária Municipal

<u>Cód. Variável</u>	<u>Descrição</u>
Pec005	Efetivo dos rebanhos - bovinos
Pec006	Efetivo dos rebanhos - porcas criadeiras
Pec007	Efetivo dos rebanhos - outros porcos e porcas
Pec008	Efetivo dos rebanhos - galinhas
Pec009	Efetivo dos rebanhos - galos
Pec012	Efetivo dos rebanhos - eqüinos
Pec014	Efetivo dos rebanhos - asininos
Pec015	Efetivo dos rebanhos - muares
Pec016	Efetivo dos rebanhos - caprinos
Pec017	Efetivo dos rebanhos - ovinos
Pec018	Leite de vaca - produção - vacas ordenhadas
Pec019	Leite de vaca - produção - quantidade (mil litros)
Pec020	Leite de vaca - produção - valor (reais)
Pec021	Ovos de galinha - produção - quantidade (mil dúzias)
Pec022	Ovos de galinha - produção - valor (reais)
Pec030	Mel de Abelha - produção - quantidade (kg)
Pec031	Mel de Abelha - produção - valor (reais)

2. INDICADORES E VARIÁVEIS DO PERFIL SOCIAL: SUSTENTABILIDADE DO USO DA ÁGUA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Indicador: Educação

Cód. Variável	Descrição
Edu005	Matrículas - ensino fundamental
Edu006	Matrículas - ensino fundamental – escola pública federal
Edu007	Matrículas - ensino fundamental – escola pública estadual
Edu008	Matrículas - ensino fundamental – escola pública municipal
Edu009	Matrículas - ensino fundamental – escola particular
Edu010	Matrículas - ensino médio
Edu011	Matrículas - ensino médio – escola pública federal
Edu012	Matrículas - ensino médio – escola pública estadual
Edu013	Matrículas - ensino médio – escola pública municipal
Edu014	Matrículas - ensino médio – escola particular
Edu015	Matrículas - ensino pré-escolar
Edu016	Matrículas - ensino pré-escolar - escola pública federal
Edu017	Matrículas - ensino pré-escolar - escola pública estadual
Edu018	Matrículas - ensino pré-escolar - escola pública municipal
Edu019	Matrículas - ensino pré-escolar - escola particular
Edu020	Docentes - ensino fundamental
Edu021	Docentes - ensino fundamental - escola pública federal
Edu022	Docentes - ensino fundamental - escola pública estadual
Edu023	Docentes - ensino fundamental - escola pública municipal
Edu024	Docentes - ensino fundamental - escola particular
Edu025	Docentes - ensino médio
Edu026	Docentes - ensino médio – escola pública federal
Edu027	Docentes - ensino médio – escola pública estadual
Edu028	Docentes - ensino médio – escola pública municipal
Edu029	Docentes - ensino médio – escola particular
Edu030	Docentes - ensino pré-escolar
Edu031	Docentes - ensino pré-escolar - escola pública federal
Edu032	Docentes - ensino pré-escolar - escola pública estadual
Edu033	Docentes - ensino pré-escolar - escola pública municipal
Edu034	Docentes - ensino pré-escolar - escola particular
Edu035	Estabelecimentos de ensino fundamental
Edu036	Estabelecimentos de ensino fundamental - escola pública federal
Edu037	Estabelecimentos de ensino fundamental - escola pública estadual
Edu038	Estabelecimentos de ensino fundamental - escola pública municipal
Edu039	Estabelecimentos de ensino fundamental - escola particular
Edu040	Estabelecimentos de ensino médio
Edu041	Estabelecimentos de ensino médio - escola pública federal
Edu042	Estabelecimentos de ensino médio - escola pública estadual
Edu043	Estabelecimentos de ensino médio - escola pública municipal
Edu044	Estabelecimentos de ensino médio - escola particular
Edu045	Estabelecimentos de ensino - ensino pré-escolar
Edu046	Estabelecimentos de ensino - ensino pré-escolar - escola pública federal
Edu047	Estabelecimentos de ensino - ensino pré-escolar - escola pública estadual
Edu048	Estabelecimentos de ensino - ensino pré-escolar - escola pública municipal
Edu049	Estabelecimentos de ensino - ensino pré-escolar - escola particular

Indicador: Pessoal Ocupado Assalariado

Cód. Variável	Descrição
Ass005	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais
Ass032	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais – agricultura
Ass040	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais – pesca
Ass044	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - indústrias extrativas
Ass052	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - indústrias de transformação
Ass060	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - produção e distribuição de eletricidade
Ass061	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais – construção
Ass069	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - comércio; reparação de veículos automotores
Ass070	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - alojamento e alimentação
Ass077	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - transporte
Ass078	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - intermediação financeira
Ass086	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - atividades imobiliárias
Ass087	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - educação
Ass11111	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - administração pública
Ass095	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - saúde e serviços sociais
Ass103	Pessoal ocupado assalariado – unidades locais - outros serviços coletivos

Indicador: Resultados do Universo

Cód. Variável	Descrição
uni005	Pessoas residentes
uni006	Homens residentes
uni007	Mulheres residentes
uni008	Pessoas residentes – área urbana
uni009	Pessoas residentes – área rural
uni010	Pessoas residentes – 10 anos ou mais de idade
uni011	Pessoas residentes – 10 anos ou mais de idade - alfabetizada
uni012	Pessoas residentes – 10 anos ou mais de idade - taxa de alfabetização
uni013	Pessoas residentes - 0 a 4 anos de idade
uni014	Pessoas residentes - 5 a 9 anos de idade
uni015	Pessoas residentes – 10 a 19 anos de idade
uni016	Pessoas residentes – 20 a 29 anos de idade
uni017	Pessoas residentes – 30 a 39 anos de idade
uni018	Pessoas residentes – 40 a 49 anos de idade
uni019	Pessoas residentes – 50 a 59 anos de idade
uni020	Pessoas residentes – 60 anos ou mais de idade
uni021	Domicílios particulares permanentes
uni022	Domicílios particulares permanentes – forma de abastecimento de água - rede geral
uni023	Domicílios particulares permanentes – forma de abastecimento de água - poço ou nascente
uni024	Domicílios particulares permanentes – forma de abastecimento de água - outras formas
uni025	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário
uni026	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário - esgotamento sanitário - rede geral
uni027	Domicílios particulares permanentes – sem banheiro ou sanitário
uni028	Domicílios particulares permanentes – destino de lixo - coletado
uni029	Domicílios particulares permanentes – destino de lixo - outro destino

Indicador: Saúde

Cód. Variável	Descrição
Sau005	Hospitais - 2000
Sau006	Leitos hospitalares - 2000
Sau007	Unidades ambulatoriais – 1999
Sau008	Postos de saúde - 1999
Sau009	Centros de saúde - 1999
Sau010	Consultórios médicos – 1999
Sau011	Consultórios odontológicos – 1999
Sau012	Ambulatórios de unidade hospitalar geral – 1999
Sau013	Postos de assistência médica – 1999

Indicador: Saúde

Cód. Variável	Descrição
Sau014	Internações hospitalares – 2000
Sau015	Óbitos - 1998
Sau016	Óbitos - doenças infecciosas e parasitárias – 1998
Sau017	Óbitos - neoplasias – tumores – 1998
Sau020	Óbitos - transtornos mentais e comportamentais - 1998
Sau021	Óbitos - doenças - sistema nervoso – 1998
Sau022	Óbitos - doenças - olho e anexos – 1998
Sau023	Óbitos - doenças - ouvido e apófise mastóide - 1998
Sau024	Óbitos - doenças – aparelho circulatório - 1998
Sau025	Óbitos - doenças – aparelho respiratório - 1998
Sau026	Óbitos - doenças – aparelho digestivo - 1998
Sau027	Óbitos - doenças - pele e tecido subcutâneo - 1998
Sau028	Óbitos - doenças - sistema osteomuscular e tecido conjuntivo - 1998
Sau029	Óbitos - doenças – aparelho geniturinário - 1998
Sau031	Óbitos - doenças originadas no período perinatal - 1998
Sau034	Óbitos - causas externas - 1998
Sau035	Óbitos - pessoas - menos de 1 ano de idade - 1998
Sau036	Óbitos - pessoas - 1 a 4 anos de idade - 1998
Sau037	Óbitos - pessoas - 5 a 9 anos de idade - 1998
Sau038	Óbitos - pessoas - 10 a 14 anos de idade - 1998
Sau039	Óbitos - pessoas - 15 a 19 anos de idade - 1998
Sau040	Óbitos - pessoas - 20 a 29 anos de idade - 1998
Sau041	Óbitos - pessoas - 30 a 39 anos de idade - 1998
Sau042	Óbitos - pessoas - 40 a 49 anos de idade - 1998
Sau043	Óbitos - pessoas - 50 a 59 anos de idade - 1998
Sau044	Óbitos - pessoas - 60 a 69 anos de idade - 1998
Sau045	Óbitos - pessoas - 70 a 79 anos de idade - 1998
Sau046	Óbitos - pessoas - 80 anos e mais de idade - 1998
Sau047	Óbitos - pessoas - idade ignorada - 1998
Sau048	Óbitos - homens - 1998
Sau049	Óbitos - homens - menos de 1 ano de idade - 1998
Sau050	Óbitos - homens - 1 a 4 anos de idade - 1998
Sau051	Óbitos - homens - 5 a 9 anos de idade - 1998
Sau052	Óbitos - homens - 10 a 14 anos de idade - 1998
Sau053	Óbitos - homens - 15 a 19 anos de idade - 1998
Sau054	Óbitos - homens - 20 a 29 anos de idade - 1998
Sau055	Óbitos - homens - 30 a 39 anos de idade - 1998
Sau056	Óbitos - homens - 40 a 49 anos de idade - 1998
Sau057	Óbitos - homens - 50 a 59 anos de idade - 1998
Sau058	Óbitos - homens - 60 a 69 anos de idade - 1998
Sau059	Óbitos - homens - 70 a 79 anos de idade - 1998
Sau060	Óbitos - homens - 80 anos e mais de idade - 1998
Sau061	Óbitos - homens - idade ignorada - 1998
Sau062	Óbitos - mulheres - 1998
Sau063	Óbitos - mulheres - menos de 1 ano de idade - 1998
Sau064	Óbitos - mulheres - 1 a 4 anos de idade - 1998
Sau065	Óbitos - mulheres - 5 a 9 anos de idade - 1998
Sau066	Óbitos - mulheres - 10 a 14 anos de idade - 1998
Sau067	Óbitos - mulheres - 15 a 19 anos de idade - 1998
Sau068	Óbitos - mulheres - 20 a 29 anos de idade - 1998
Sau069	Óbitos - mulheres - 30 a 39 anos de idade - 1998
Sau070	Óbitos - mulheres - 40 a 49 anos de idade - 1998
Sau071	Óbitos - mulheres - 50 a 59 anos de idade - 1998
Sau072	Óbitos - mulheres - 60 a 69 anos de idade - 1998
Sau073	Óbitos - mulheres - 70 a 79 anos de idade - 1998
Sau074	Óbitos - mulheres - 80 anos e mais de idade - 1998
Sau075	Óbitos - mulheres - idade ignorada - 1998

Indicador: Participação Política

Cód. Variável	Descrição
pol005	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 16 anos
pol006	Eleição municipal - eleitores - homens - 16 anos
pol007	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 16 anos
pol008	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 17 anos
pol009	Eleição municipal - eleitores - homens - 17 anos
pol010	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 17 anos
pol011	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 18 anos
pol012	Eleição municipal - eleitores - homens - 18 anos
pol013	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 18 anos
pol014	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 25 anos
pol015	Eleição municipal - eleitores - homens - 25 anos
pol016	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 25 anos
pol017	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 35 anos
pol018	Eleição municipal - eleitores - homens - 35 anos
pol019	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 35 anos
pol020	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 45 anos
pol021	Eleição municipal - eleitores - homens - 45 anos
pol022	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 45 anos
pol023	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 60 anos
pol024	Eleição municipal - eleitores - homens - 60 anos
pol025	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 60 anos
pol026	Eleição municipal - eleitores - mulheres - 70 anos
pol027	Eleição municipal - eleitores - homens - 70 anos
pol028	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - 70 anos
pol029	Eleição municipal - eleitores - mulheres - idade ignorada
pol030	Eleição municipal - eleitores - homens - idade ignorada
pol031	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado - idade ignorada
pol032	Eleição municipal - eleitores - mulheres
pol033	Eleição municipal - eleitores - homens
pol034	Eleição municipal - eleitores - sexo não informado
pol035	Eleição municipal - eleitores
pol036	Eleição municipal - seções eleitorais
pol040	Eleição municipal - votos nulos para Prefeitos
pol041	Eleição municipal - votos nulos para Vereadores
pol042	Eleição municipal - votos válidos para Prefeitos
pol043	Eleição municipal - votos válidos para Vereadores
pol044	Eleição municipal - abstenções

Indicador: Pessoal Ocupado

Cód. Variável	Descrição
Ocu013	Pessoal ocupado - unidades locais
Ocu014	Pessoal ocupado - unidades locais - agricultura
Ocu015	Pessoal ocupado - unidades locais - pesca
Ocu016	Pessoal ocupado - unidades locais - indústrias extrativas
Ocu017	Pessoal ocupado - unidades locais - indústrias de transformação
Ocu018	Pessoal ocupado - unidades locais - construção
Ocu019	Pessoal ocupado - unidades locais - comércio; reparação de veículos automotores
Ocu020	Pessoal ocupado - unidades locais - alojamento e alimentação
Ocu021	Pessoal ocupado - unidades locais - transporte
Ocu022	Pessoal ocupado - unidades locais - intermediação financeira
Ocu023	Pessoal ocupado - unidades locais - atividades imobiliárias
Ocu024	Pessoal ocupado - unidades locais - educação
Ocu025	Pessoal ocupado - unidades locais - saúde e serviços sociais
Ocu026	Pessoal ocupado - unidades locais - outros serviços coletivos
Ocu027	Pessoal ocupado - unidades locais - produção e distribuição de eletricidade, gás e água
Ocu028	Pessoal ocupado - unidades locais - administração pública, defesa e seguridade social

Indicador: Estatísticas Derivadas

Cód. Variável	Descrição
est005	Média de pessoas ocupadas nas empresas atuantes na unidade territorial
est006	Média de pessoas ocupadas nas unidades locais
est007	Média de pessoas ocupadas assalariadas nas empresas atuantes na unidade territorial
est008	Média de pessoas ocupadas assalariadas nas unidades locais
est009	Média de salários pagos nas empresas atuantes na unidade territorial
est010	Média de salários pagos nas unidades locais
est011	Salário médio (Salário/PO assalariado) nas unidades locais
est012	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação até 1969
est013	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação de 1970 a 1974
est014	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação de 1975 a 1979
est015	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação de 1980 a 1984
est016	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação de 1985 a 1989
est017	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação de 1990 a 1994
est018	Média de pessoas ocupadas nas Unidades locais com ano de fundação de 1995 em diante
est019	% de concentração de pessoas ocupadas nas 4 maiores empresas atuantes na unidade territorial
est020	% de concentração de pessoas ocupadas nas 8 maiores empresas atuantes na unidade territorial
est021	% de concentração de pessoas ocupadas nas 4 maiores unidades locais
est022	% de concentração de pessoas ocupadas nas 8 maiores unidades locais
est023	% de concentração de pessoas ocupadas assalariadas nas 4 maiores empresas atuantes na unidade territorial
est024	% de concentração de pessoas ocupadas assalariadas nas 8 maiores empresas atuantes na unidade territorial
est025	% de concentração de pessoas ocupadas assalariadas nas 4 maiores unidades locais
est026	% de concentração de pessoas ocupadas assalariadas nas 8 maiores unidades locais
est027	% de concentração de salários pagos no ano nas 4 maiores empresas atuantes na unidade territorial
est028	% de concentração de salários pagos no ano nas 8 maiores empresas atuantes na unidade territorial
est029	% de concentração de salários pagos no ano nas 4 maiores unidades locais
est030	% de concentração de salários pagos no ano nas 8 maiores unidades locais

Indicador: Vida e Risco de Vida

Cód. Variável	Descrição
vid005	Nascidos vivos - registros no ano - lugar de registro
vid006	Nascidos vivos - registros no ano - por lugar de residência da mãe
vid007	Nascidos vivos - ocorridos e registrados no ano - por lugar de residência da mãe
vid008	Nascidos vivos em hospital - ocorridos e registrados no ano - por lugar de residência da mãe
vid009	Casamentos - registros no ano - lugar do registro
vid010	Óbitos - ocorridos e registrados no ano - lugar do registro
vid011	Óbitos em hospital - ocorridos e registrados no ano - lugar do registro
vid012	Óbitos - ocorridos e registrados no ano - lugar de residência do falecido
vid013	Óbitos - ocorridos e registrados no ano - menores de 1 ano - lugar de residência do falecido
vid014	Óbitos fetais - registros no ano - lugar de residência da mãe
vid015	Separações judiciais - registros no ano - lugar da ação do processo
vid016	Divórcios - registros no ano - lugar da ação do processo

CAPÍTULO 5

Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA)

Aderaldo de Souza Silva
Cláudio César de Almeida Buschinelli
Luiz Carlos Hermes
Elisabeth Francisconi Fay
Célia Maria Maganhotto de Souza Silva
Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro
Izilda Aparecida Rodrigues

O ISA_ÁGUA foi construído a partir da integração das variáveis dos Perfis Ecológico, Econômico e Social da região do Submédio São Francisco.

Na Tabela 5.1 é apresentada, em ordem hierárquica, a classificação das dez variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que melhor explicaram o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio São Francisco. Estas variáveis foram obtidas por meio do método “*stepwise*” e expressam o resultado da matriz integrada de 571 variáveis pertencentes aos Perfis Ecológico, Econômico e Social.

Tabela 5.1. Classificação das dez variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que compuseram o Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA_ÁGUA) na região do Submédio São Francisco, por meio do método “*stepwise*”.

Análise da variância					
Fonte	DF	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	10	5503.70024	550.37002	69.34	<.0001
Erro	61	484.17476	7.93729		
Total	71	5987.87500			

Variáveis	Parâmetro Estimado	Desvio padrão	Type II SS	F Value	Pr > F
Indicador - Intercepto	11.45262	0.97920	1085.77509	136.79	<.0001
Finanças públicas (Receitas)	-0.00030946	0.00009641	81.77883	10.30	0.0021
Finanças públicas (Despesas - agricultura)	0.00001273	0.00000172	435.69635	54.89	<.0001
Pesquisa pecuária municipal (Muares)	0.00401	0.00128	77.64008	9.78	0.0027
Pesquisa pecuária municipal (Ovinos)	0.00011906	0.00001514	491.03358	61.86	<.0001
Fontes de poluição (Mármore)	-19.08844	4.73769	128.84850	16.23	0.0002
Qualidade de água superficial (TDS)	102.95891	13.31321	474.71657	59.81	<.0001
Qualidade de água superficial (Salinidade)	-107.60370	16.58553	334.09339	42.09	<.0001
Balanço hídrico (Déficit no mês de julho)	-8.82763	0.89873	765.77651	96.48	<.0001
Educação (Ensino pré-escolar federal)	-0.35317	0.10872	83.76408	10.55	0.0019
Saúde (Óbitos - mulheres)	-0.18476	0.02886	325.41485	41.00	<.0001

Obs: $R^2 = 0.9191$

O desenvolvimento sustentável do uso da água na região do Submédio São Francisco é um processo em construção, cujas quantificação e qualificação foram expressas por meio de quatro novos fatores. A concepção da sustentabilidade por meio do Índice ISA_ÁGUA foi

elaborada com a finalidade de classificar as sub-bacias hidrográficas, os municípios, a qualidade das águas e a qualidade ambiental das fontes segundo a norma ISO 14.001 e fontes de poluição.

A determinação deste índice envolveu cálculos complexos em ambiente multi-dimensional. Para a aplicação da análise fatorial, foi elaborada uma matriz de correlação envolvendo as três bases de dados correspondentes a cada perfil: Ecológico, Econômico e Social. Posteriormente, foram extraídos os fatores iniciais, seguidos da rotação dos fatores e cálculo dos escores fatoriais, para analisar a posição de cada município em cada fator, bem como de cada sub-bacia hidrográfica.

A matriz final do ISA_ÁGUA conteve 571 variáveis, distribuídas de acordo com a análise fatorial. Estas variáveis foram agrupadas em quatro grupos denominados fatores:

- Fator 1 - Dinâmica da Poluição Urbana e Uso da Água: foram associadas 331 variáveis, correspondendo a 60,4% da carga fatorial total;
- Fator 2 - Agricultura Irrigada: foram 72 variáveis, correspondendo a 21,0% do total;
- Fator 3 - Agricultura Familiar e Pecuária: foram associadas 97 variáveis, com 11,0% do total;
- Fator 4 - Qualidade de Vida e Segurança Alimentar: 71 variáveis correspondendo a 7,6% do total.

O ISA_ÁGUA, obtido em função das análises integradas dos indicadores sociais, econômicos e ecológicos, é apresentado na Tabela 5.2 e na Fig. 5.1.

Tabela 5.2. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA_ÁGUA), na região do Submédio, Brasil.

Rank	Município	UF	Sub-		Este	Norte	Cluster	Taxa	ISA_ÁGUA
			bacia	Zona					
1	Abaré	BA	16	24L	487433,39	9036032,39	1	0,04	0,00036
2	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027,50	9142969,10	1	0,07	0,00072
3	Afrânio	PE	19	24L	279253,52	9058156,85	1	0,11	0,00109
4	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718,80	9032318,20	1	0,14	0,00145
5	Betânia	PE	9	24L	606327,72	9085163,48	1	0,18	0,00181
6	Bodocó	PE	1	24M	396191,06	9140053,99	1	0,22	0,00217
7	Brejinho	PE	6	24M	689145,53	9187220,83	1	0,25	0,00254
8	Cabrobó	PE	2	24L	465843,03	9058807,30	1	0,29	0,00290
9	Calumbi	PE	5	24M	593647,20	9122047,34	1	0,33	0,00326
10	Carnaíba	PE	5	24M	632945,67	9137000,50	1	0,36	0,00362
11	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070,18	9080369,98	1	0,40	0,00399
12	Cedro	PE	3	24M	473617,82	9146426,51	1	0,43	0,00435
13	Chorrochó	BA	16	24L	489365,77	9007349,56	1	0,47	0,00471
14	Curaçá	BA	18	24L	399993,19	9006059,97	1	0,51	0,00507
15	Custódia	PE	8	24L	649477,07	9105741,35	1	0,54	0,00543
16	Dormentes	PE	19	24L	304973,88	9065779,16	1	0,58	0,00580
17	Exu	PE	1	24M	420063,93	9169552,65	1	0,62	0,00616
18	Flores	PE	5	24M	612987,96	9130112,02	1	0,65	0,00652
19	Floresta	PE	12	24L	547427,97	9049182,09	1	0,69	0,00688
20	Glória	BA	15	24L	581802,37	8967647,77	1	0,72	0,00725
21	Granito	PE	1	24M	432171,45	9146999,23	1	0,76	0,00761
22	Ibimirim	PE	8	24L	644107,32	9055658,83	1	0,80	0,00797
23	Iguaraci	PE	7	24M	663659,43	9133584,88	1	0,83	0,00833
24	Inajá	PE	8	24L	629275,85	9015775,16	1	0,87	0,00870
25	Ingazeira	PE	6	24M	669850,01	9151164,98	1	0,91	0,00906
26	Ipubi	PE	1	24M	373240,50	9153972,50	1	0,94	0,00942
27	Itacurubá	PE	13	24L	534792,97	9035251,92	1	0,98	0,00978
28	Itapetim	PE	6	24M	699714,32	9183984,01	1	1,01	0,01014

continua...

Tabela 5.2. Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA_ÁGUA), na região do Submédio, Brasil.

...continuação

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	ISA ÁGUA
29	Jatobá	PE	15	24L	580281,79	8984789,03	1	1,05	0,01051
30	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143,74	9005204,18	1	1,09	0,01087
31	Macururê	BA	16	24L	493643,74	8986590,10	1	1,12	0,01123
32	Manari	PE	8	24L	650755,51	9008820,16	1	1,16	0,01159
33	Mata Grande	BA	8	24L	639273,51	8991874,27	1	1,20	0,01196
34	Mirandiba	PE	4	24L	529767,31	9102356,88	1	1,23	0,01232
35	Moreilândia	PE	1	24M	439174,39	9156436,71	1	1,27	0,01268
36	Orocó	PE	2	24L	448972,43	9054460,24	1	1,30	0,01304
37	Ouricuri	PE	1	24M	380720,93	9128499,23	1	1,34	0,01341
38	Ourolândia	BA	33	24L	272329,52	8786479,79	1	1,38	0,01377
39	Pariconha	BA	8	24L	609284,48	8977009,71	1	1,41	0,01413
40	Parnamirim	PE	1	24L	436241,90	9105607,43	1	1,45	0,01449
41	Pilão Arcado	BA	26	23L	773566,25	8893175,64	1	1,49	0,01486
42	Quixaba	PE	5	24M	626967,39	9146415,92	1	1,52	0,01522
43	Remanso	BA	23	23L	820346,88	8935013,71	1	1,56	0,01558
44	Rodelas	BA	16	24L	525618,43	9022175,99	1	1,59	0,01594
45	Santa Cruz	PE	18	24L	352949,53	9088885,73	1	1,63	0,01630
46	Santa Cruz da Baixa Verde	PE	5	24M	593368,10	9135407,67	1	1,67	0,01667
47	Santa Filomena	PE	18	24L	321975,76	9097342,69	1	1,70	0,01703
48	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727,58	9184164,84	1	1,74	0,01739
49	São José do Belmonte	PE	4	24M	526448,35	9130979,87	1	1,78	0,01775
50	Sento Sé	BA	23	24L	183376,66	8921299,61	1	1,81	0,01812
51	Serrita	PE	3	24M	467354,77	9123022,29	1	1,85	0,01848
52	Sertânia	PE	8	24L	691212,22	9107119,02	1	1,88	0,01884
53	Sobradinho	BA	23	24L	299775,03	8954250,64	1	1,92	0,01920
54	Solidão	PE	5	24M	648670,50	9159622,02	1	1,96	0,01957
55	Tabira	PE	5	24M	661086,87	9160626,19	1	1,99	0,01993
56	Tacaratu	PE	8	24L	593455,80	8993359,94	1	2,03	0,02029
57	Terra Nova	PE	3	24L	458598,04	9090248,01	1	2,07	0,02065
58	Trindade	PE	1	24M	360161,39	9141772,22	1	2,10	0,02101
59	Triunfo	PE	5	24M	598999,47	9133461,11	1	2,14	0,02138
60	Tuparetama	PE	6	24M	686247,27	9159275,23	1	2,17	0,02174
61	Umburanas	BA	33	24L	245524,68	8812565,45	1	2,21	0,02210
62	Várzea Nova	BA	33	24L	287964,03	8754684,39	1	2,25	0,02246
63	Verdejante	PE	3	24M	503083,78	9123893,65	1	2,28	0,02283
64	Araripina	PE	1	24M	334660,81	9162240,04	2	2,36	0,02355
65	Arcoverde	PE	8	24L	714236,63	9068821,40	2	2,43	0,02428
66	Casa Nova	BA	20	24L	283394,36	8986611,58	2	2,50	0,02500
67	Petrolândia	PE	15	24L	585762,62	9007321,15	2	2,57	0,02572
68	Salgueiro	PE	3	24L	486831,16	9107462,60	2	2,64	0,02645
69	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170,06	9026260,45	2	2,72	0,02717
70	São José do Egito	PE	6	24M	690378,06	9172899,61	2	2,79	0,02790
71	Serra Talhada	PE	5	24M	577287,66	9116488,52	2	2,86	0,02862
72	Juazeiro	BA	35	24L	335414,56	8959243,74	3	2,97	0,02971
73	Petrolina	PE	35	24L	335164,33	8960686,58	4	3,12	0,03116

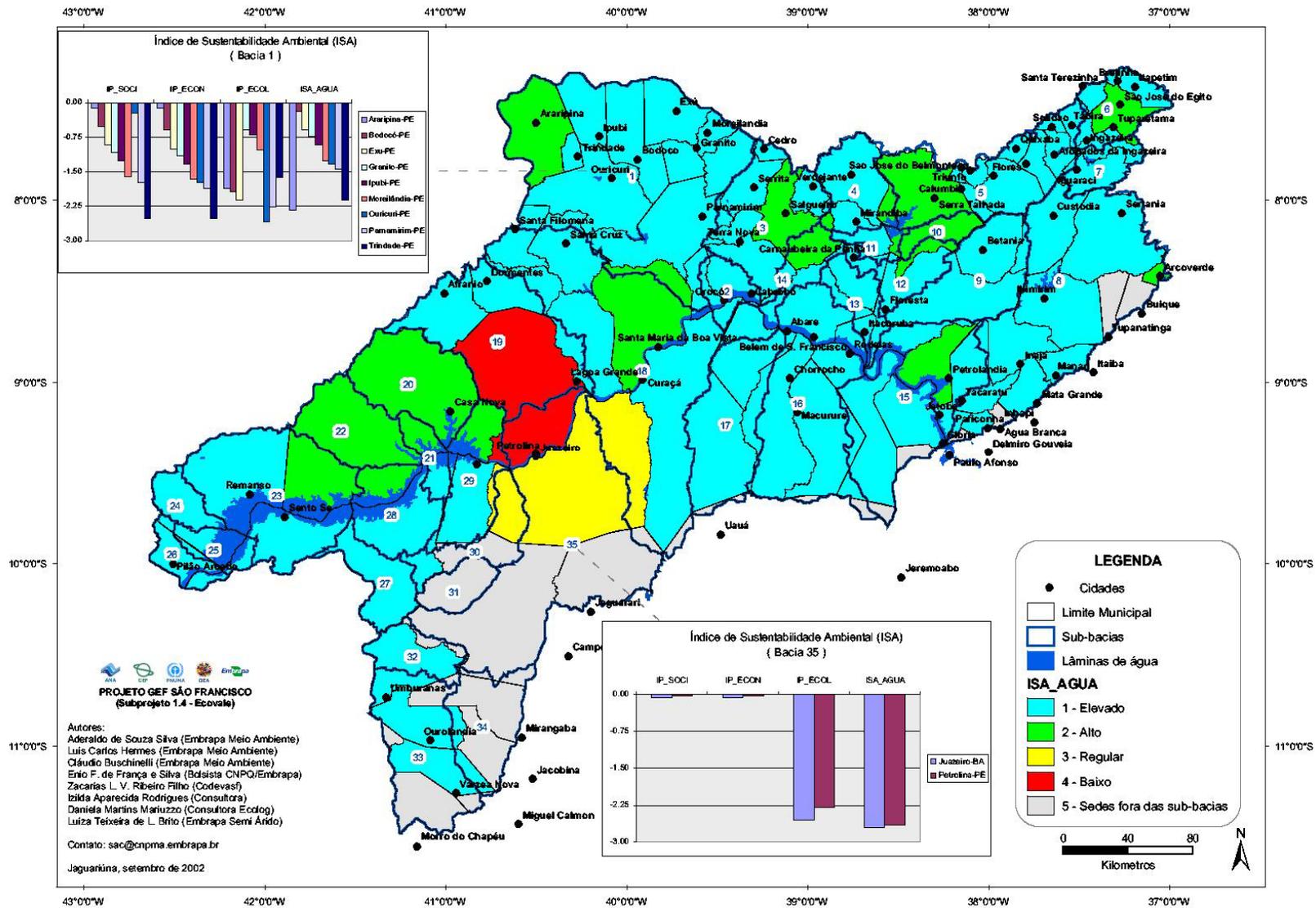


Fig. 5.1. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) abrangendo 35 Sub-bacias hidrográficas e 73 municípios da região do Submédio São Francisco.

A análise de agrupamento (Cluster analysis) definiu um ISA_ÁGUA elevado em 63 municípios, indicados na cor azul, na Fig. 5.1. Com ISA_ÁGUA alto, representado no mapa em verde, ocorreram oito municípios (Araripina, Arcoverde, Casa Nova, Petrolândia, Salgueiro, Santa Maria da Boa Vista, São José do Egito e Serra Talhada). O ISA_ÁGUA regular foi atribuído ao município de Juazeiro, recebendo a cor amarela. Por fim, com um ISA_ÁGUA baixo, novamente o município de Petrolina, indicado pela a cor vermelha. De maneira geral, o ISA_ÁGUA refletiu uma condição elevada (ótima) para a grande maioria dos municípios envolvidos, os quais quando vistos sob o perfil social e econômico mostraram-se problemáticos, apesar de terem garantido este ranqueamento no balanço final.

Como resultado preponderante da aplicação dessa nova metodologia (o índice ISA_ÁGUA), observou-se o aumento significativo da demanda e alteração das águas superficiais, devido às atividades agroindustriais e urbanas ribeirinhas ao longo do rio São Francisco, trecho Pilão Arcado - Paulo Afonso, cerca de 700 km ao longo da calha do rio. É consenso a degradação da qualidade das águas pelas atividades agrícolas e urbanas na região em estudo, mas o grau de impacto dessas atividades pode ser reduzido pela implementação de práticas de manejo e conservação dos recursos naturais, bem como a aplicação e cumprimento de legislação existente.

Ressalta-se que esta análise é capaz de indicar as possíveis causas que estariam levando ao uso não sustentável da água, sejam em municípios que apresentaram bons índices no perfil social e econômico, seja em municípios que foram flagrados com a necessidade desse desenvolvimento, conforme descrito a seguir:

- Deficiência no sistema de saúde e educação regional (IP_SOC);
- Baixo nível de investimento em serviços básicos (IP_ECON);
- Carga significativa de poluentes em função das atividades industriais e comerciais e de falta dos serviços públicos. Uso indiscriminado de agrotóxicos e descarte de embalagens no meio rural (IP_ECOL);
- Impactos ambientais decorrentes do destino inadequado de efluentes urbanos e de resíduos sólidos domésticos, industriais e agrícolas, associados à concentração de renda e a suscetibilidade à poluição urbana (ISA_ÁGUA).

A relatividade do ranqueamento das variáveis na formação do ISA_ÁGUA permitiu estabelecer diferenças importantes na concepção e encaminhamento do desenvolvimento e demanda ao atendimento e manutenção da qualidade de vida da população nos municípios envolvidos. O quadro final reflete um maior investimento social em áreas onde o desenvolvimento de atividades econômicas incorpora-se à dinâmica de ocupação do solo mais intensiva, caso de Juazeiro e de Petrolina, mas evidencia os problemas potenciais de cunho ambiental, caracterizando o índice final de sustentabilidade como regular e baixo nestas localidades.

Pode-se afirmar que a grande vantagem do ISA_ÁGUA é a sua utilização para avaliação estratégica em políticas públicas e para grupos de gestão ambiental. Serve de suporte para a gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, permitindo o estabelecimento de áreas prioritárias para o monitoramento da qualidade da água, como também identificando as variáveis que devam ser priorizadas nestes estudos, facilitando a intervenção no entorno. Em escala menor, pode subsidiar a elaboração das Agendas 21 municipais, priorizando as linhas de

pesquisa. Para isso, utilizou-se a matriz multivariada de análise causal, cujo resultado demonstra as causas e as medidas mitigadoras para cada problema encontrado.

5.1. Matriz multivariada de análise causal

Uma das inovações no processo de formatação da matriz de análise causal do uso da água, segundo os perfis Social, Econômico e Ecológico, e no desenvolvimento sustentável no Submédio São Francisco foi a inserção da técnica fatorial para a sua elaboração. Trata-se de um procedimento estatístico de análise multivariada, com dois objetivos básicos: o primeiro, aplicável às variáveis explicativas de uma equação a ser ajustada, quando indicam um significativo grau de intercorrelação, semelhante ao uso de regressões múltiplas, visando obter informações por unidades geográficas da carga de poluentes emitidos; e o segundo, para obter uma análise classificatória destas unidades (sub-bacias ou municípios) em função de índices específicos, contidos em cada indicador dos perfis Social, Econômico e Ecológico de âmbito regional.

Cada análise correspondente a um perfil (social, econômico, ecológico e de uso sustentável da água) gerou quatro fatores. Os primeiros fatores de cada perfil geraram como resultado as Causas Técnicas Primárias da Análise da Matriz Causal (AMC). Seguindo lógica similar, os segundos, terceiros e quarto fatores geraram as Causas Secundárias, Terciárias e Quaternárias da AMC, respectivamente, como se pode observar nas Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5. Uma vez que a matriz de análise causal foi obtida por meio de análise multivariada, foi denominada de "Análise da Matriz Causal Multivariada (AMCM)".

Na Tabela 5.4 é possível observar as propostas de ações estratégicas, segundo as causas fundamentais construídas com base na AMCM. A importância deste tipo de análise está na possibilidade de elaborar um diagnóstico analítico das sub-bacias do rio São Francisco, identificando as causas reais e os efeitos dos problemas ambientais, servindo como referência para a elaboração do Programa de Gestão Integrada (PGI) da bacia.

Tabela 5.3. Matriz de Análise Causal Multivariada segundo os resultados obtidos por meio da síntese dos perfis ecológico, econômico e social em função da Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água na região do Submédio São Francisco – Síntese.

USO NÃO-SUSTENTÁVEL DA ÁGUA	
PERFIS	CAUSAS
SOCIAL	<p>Fator 1 - Atendimento à Saúde: o atendimento deficitário às pessoas foi a causa principal, com ocorrência significativa de doenças, assim como óbitos fetais e de crianças menores de 1 ano.</p> <p>Fator 2 - Sistema Educacional Deficiente: há deficiência no sistema educacional (docentes, matrículas e estabelecimentos).</p> <p>Fator 3 - Carência de Serviços Básicos: atendimento deficiente dos serviços básicos, sobretudo para a população residente na área rural.</p> <p>Fator 4 - Baixa Oferta de Empregos: baixo nível de oferta de empregos nas empresas atuantes na região.</p> <p>Causas Fundamentais - Acesso restrito à educação e saúde: carência de oportunidades de emprego e atendimento deficiente dos serviços públicos à maioria da população urbana e rural.</p>
ECONÔMICO	<p>Fator 1 - Gastos Públicos em Infra-estrutura: baixo nível de investimento em serviços básicos (saúde e saneamento) e infra-estrutura de produção.</p> <p>Fator 2 - Agricultura Irrigada de Baixo Nível Tecnológico: agricultura irrigada sem o uso das normas de Boas Práticas Agrícolas.</p> <p>Fator 3 - Agricultura de Sequeiro: exploração de culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca) com baixo nível tecnológico.</p> <p>Fator 4 - Outras Culturas de Comercialização Sazonal: instabilidade econômica ocasionada pela exploração de culturas com retornos financeiros ocasionais (cebola e arroz irrigado).</p> <p>Causas Fundamentais - Baixo investimento dos recursos públicos para o atendimento da infra-estrutura básica: associado à inadequação dos sistemas de produção agrícola e agroindustrial em uso.</p>
ECOLÓGICO	<p>Fator 1 - Disposição de Resíduos: carga total de poluentes na água provenientes de atividades industriais, comerciais e de serviços públicos. Aplicação de agrotóxicos e descarte de embalagens na área rural.</p> <p>Fator 2 - Concentração Fundiária: destacam-se certos municípios nas sub-bacias segundo a área total das terras utilizadas (em hectares), seguidas da discriminação do produtor como proprietário.</p> <p>Fator 3 - Déficit Hídrico: desequilíbrio no balanço hídrico de um conjunto de municípios a partir do mês de julho.</p> <p>Fator 4 - Atividades de Mineração: geração de resíduos químicos em fontes de água, provenientes da atividade mineradora</p> <p>Causas Fundamentais - Descarga de poluentes: a descarga de poluentes químicos nos corpos de água decorrentes das atividades dos setores produtivos primários, secundários e dos serviços públicos, foi considerada a causa fundamental da contaminação dos corpos de água.</p>
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA – ISA_ÁGUA	<p>Fator 1 - Dinâmica da Poluição Urbana e Uso Inadequado de Água: destino inadequado de efluentes e resíduos sólidos domésticos, industriais e agrícolas, associados à concentração da população na área urbana.</p> <p>Fator 2 - Gestão Ambiental da Agricultura Irrigada: diversificação e complexidade do agronegócio envolvendo frutas tropicais de exportação, com qualidade ambiental e segurança alimentar.</p> <p>Fator 3 - Agricultura Familiar e Pecuária: falta de um programa permanente de Governo que forneça subsídios com alternativas tecnológicas para a convivência do homem com a seca.</p> <p>Fator 4 - Qualidade de Vida e Segurança Alimentar: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo na maioria dos municípios da região do Submédio São Francisco.</p> <p>Causas Fundamentais - Poluição hídrica: vulnerabilidade do uso da água em função da disposição inadequada dos resíduos urbanos e rurais, gerados pelas atividades produtivas e ocupação territorial.</p>

Tabela 5.4. Propostas de ações estratégicas segundo as causas fundamentais resultantes da Matriz de Análise Causal do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA_ÁGUA) no Submédio São Francisco e interface com as políticas da ANA (Plano...2004).

CAUSAS FUNDAMENTAIS	AÇÕES	INTERFACE COM AÇÕES ESTRATÉGICAS DA ANA
Acesso à educação e saúde restrito à baixa parcela da população.	A – Políticas públicas direcionadas ao atendimento dos serviços básicos (saúde, educação e saneamento). B – Incorporação da educação ambiental na formação dos alunos de todos os níveis de ensino (fundamental, médio e superior).	IV.1. Despoluição de fontes IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água IV.5. Uso racional e combate ao desperdício
Destino dos recursos públicos ao atendimento da infra-estrutura básica.	A – Programas de gestão dos recursos orçamentários, articulados por bacias, destinados aos recursos hídricos nos níveis federal, estadual e municipal.	II.1. Comitê de Bacias Hidrográficas
Inadequação dos Sistemas de produção agrícolas e agroindustriais em uso.	B – Diagnóstico da infra-estrutura básica dos municípios da bacia para elaboração de projetos visando a solicitação de verbas junto às instituições financiadoras. C – Articulação com as comunidades, para incentivar a participação em ações voltadas à sustentabilidade do uso da água. D – Introduzir a normalização das práticas agrícolas e certificação dos produtos. E – Divulgação dos benefícios da certificação de qualidade no campo para os produtores rurais. F – Implementação do Sistema de Gestão Ambiental nas agroindústrias da região. G – Capacitação e treinamento dos produtores rurais e agroindustriais. H – Financiamentos para desenvolvimento de pesquisa aplicada em tecnologias limpas.	IV.1. Despoluição de fontes IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores
Descarga de poluentes nos corpos de água decorrente das atividades dos setores produtivos primários, secundários e dos serviços públicos.	A - Unificação da legislação ambiental nos municípios da bacia. B - Cadastro de usuários e levantamento das atividades econômicas com influência nos recursos hídricos. Criação de Banco de Dados contendo informações sobre fontes de água e fontes potenciais de poluição, para utilização no monitoramento do uso sustentável da água. C - Implementação dos instrumentos de gestão ambiental, através de programas oficiais em indústrias, estabelecimentos rurais e instalações de saneamento básico. D - Fortalecimento dos órgãos fiscalizadores e programas de fiscalização por agentes da comunidade treinados. E - Divulgação dos resultados e discussão conjunta com instituições e comunidades. F - Ampliação do programa de irrigação	III.6. Fiscalização Integrada III.1. Cadastro de Usuários III.2. Outorga III.5. Sistema de Informação III.4. Plano de Recursos Hídricos III.6. Fiscalização Integrada III.5. Sistema de Informações III.4. Plano de Recursos Hídricos

continua...

Tabela 5.4. Propostas de ações estratégicas segundo as causas fundamentais resultantes da Matriz de Análise Causal do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA_ÁGUA) no Submédio São Francisco, e interface com as políticas da ANA (Plano...2004).

...continuação

CAUSAS FUNDAMENTAIS	AÇÕES	INTERFACE COM AÇÕES ESTRATÉGICAS DA ANA
Vulnerabilidade da população ao uso da água em função da disposição dos resíduos urbanos e rurais gerados pelas atividades produtivas e ocupação territorial.	<p>A - Institucionalização do desenvolvimento sustentável na gestão municipal.</p> <p>B - Gestões ambientais da bacia utilizando as ferramentas do PDRH: cadastro de usuários, outorga, cobrança pelo uso da água, sistemas de informação de recursos hídricos, macrodrenagem urbana, reuso dos efluentes.</p> <p>C - Implantação de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos.</p> <p>D - Monitoramento dos índices de desenvolvimento sustentável das bacias do Submédio São Francisco.</p>	<p>II. Instrumentos Institucionais</p> <p>III.1. Cadastro de Usuários</p> <p>III.2. Outorga</p> <p>III.4. Plano de Recursos Hídricos</p> <p>IV.1. Despoluição das bacias</p> <p>IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água</p> <p>IV.5. Uso racional e combate ao desperdício</p> <p>III.5. Sistema de Informações</p>

Tabela 5.5. Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Social, Econômico e Ecológico e com base no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco – propostas baseadas na nova metodologia.

PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO	PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI)
1) Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) sobre a qualidade das águas de usos múltiplos em função das atividades agroindustriais, industriais, comerciais e de serviços públicos na região da bacia hidrográfica do rio São Francisco	<p>a) Inventário georreferenciado da qualidade ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cadastro dos corpos de água e dos usuários de água; - Cadastro das fontes de poluição; - Inventário da qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais e subterrâneas; - Inventário socioambiental das instalações agropecuárias, industriais, comerciais e de saneamento básico (tratamento de esgotos e vazadouros a céu aberto) utilizando a norma ISO 14001.
2) Avaliação documentada, inclusive mapas, de qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio São Francisco	- Construção dos perfis sociais e econômicos da bacia do rio São Francisco com base no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade definidos a partir de dados secundários envolvendo instituições federais, estaduais e municipais.
3) Estruturação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com base em Indicadores Universais, de qualidade de água.	<p>b) Desenvolvimento de mapas temáticos digitais de sustentabilidade do uso da água:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice do perfil social (IP_SOCI); - Índice do perfil econômico (IP_ECON); - Índice do perfil ecológico (IP_ÉCOL); - Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_Água).
4) Documentos técnicos para mitigação e controle dos poluentes prioritários	<p>c) Elaboração de cartilhas técnicas sobre o uso sustentável da água:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confecção de cartilhas sobre práticas de educação ambiental e de participação da população na conservação e fiscalização das águas, visando às escolas do ensino fundamental e médio.

continua...

Tabela 5.5. Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Social, Econômico e Ecológico e com base no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco - propostas baseadas na nova metodologia.

...continuação

PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO	PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI)
5) Planta piloto de monitoramento "on line" de qualidade das águas de usos múltiplos	d) Instalação de estações automáticas de alerta nas sub-bacias hidrográficas prioritárias: - Locação e instalação de estações de alerta em sub-bacias hidrográficas com elevado índice de degradação hídrica. Particularmente naqueles pontos de amostragem georreferenciados, com índices críticos.
6) Indicadores socioeconômicos e ambientais da região do Submédio São Francisco	e) Proposta de racionalização do uso de água de âmbito regional: - Tecnologias inovadoras de "Boas Práticas Agrícolas", agroindustriais e de racionalização do uso da água (políticas públicas).
7) Treinamento e envolvimento da comunidade	f) Desenvolvimento de um programa de monitoramento sustentável do uso das águas: - Formação massiva de Agentes de Água (voluntários da própria comunidade), sobre práticas de educação ambiental e de participação da população, na conservação e fiscalização das águas; - Divulgação de Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos (PGA_RH) relacionada ao uso de "Boas Práticas Agrícolas" e agroindustriais dos serviços públicos municipais.
8) Recomendações para o PAE	g) Desenvolvimento de um programa de divulgação estratégico sobre uso racional da água: - Divulgação e realização de cursos sobre monitoramento de qualidade da água envolvendo alunos das escolas do ensino fundamental e médio. Seminários junto às comunidades incentivando a participação em ações voltadas à sustentabilidade do uso da água, repasse dos resultados alcançados, restauração de áreas e fontes degradadas e fiscalização.

5.2. Co-validação do ISA_ÁGUA

A co-validação do ISA_ÁGUA foi realizada junto às comunidades rurais e urbanas durante o período de 1998 a 2002, tendo como procedimento técnico-científico a implementação de um Programa de Ação Estratégica sobre monitoramento de água, considerando o conceito de Desenvolvimento Sustentável e a Lei da Vida (Lei no. 9605 de 12 de fevereiro de 1998 e Decreto no. 3179 de 21 de outubro de 1999). Também foi realizado um estudo comparativo com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da Organização das Nações Unidas (PNUD, 2004).

5.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O IDH é uma medida síntese do desenvolvimento humano, abrangendo, segundo seus idealizadores, três dimensões básicas: a) uma vida longa e saudável, medida pela esperança de vida ao nascer; b) conhecimento, medido pela taxa de educação; c) um nível de vida digno, medido pelo PIB *per capita* (dólares PC). Este índice é calculado utilizando-se indicadores de esperança de vida ao nascer (anos), taxa de alfabetização de adultos (acima de 15 anos em %), taxa de escolaridade bruta conjunta dos 1º, 2º e 3º graus (%) e PIB per capita (PC US\$). De posse dessas informações, oriundas principalmente do censo populacional 2000 do IBGE foram calculados os índices de esperança de vida, índice da educação e o índice do PIB. Obtidos os três índices, integraram-se os seus valores e obteve-se o valor do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Na Tabela 5.6, é apresentado o Índice de Desenvolvimento Humano, classificado e hierarquizado para os 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco, válido para o período 1998 a 2002. A Fig. 5.2 ilustra esses valores.

Tabela 5.6. Hierarquização e classificação de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio - Período: 1998-2002, segundo o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Obs	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	IDH	CLUSTER
5	Arcoverde	PE	8	24L	714236.63	9068821.40	0.51	1
30	Itacurubá	PE	13	24L	534792.97	9035251.92	0.57	1
33	Juazeiro	BA	35	24L	335414.56	8959243.74	0.53	1
45	Petrolândia	PE	15	24L	585762.62	9007321.15	0.53	1
46	Petrolina	PE	35	24L	335164.33	8960686.58	0.60	1
51	Salgueiro	PE	3	24L	486831.16	9107462.60	0.54	1
1	Abaré	BA	16	24L	487433.39	9036032.39	0.48	2
2	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027.50	9142969.10	0.45	2
6	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718.80	9032318.20	0.47	2
10	Cabrobó	PE	2	24L	465843.03	9058807.30	0.46	2
14	Casa Nova	BA	20	24L	283394.36	8986611.58	0.48	2
17	Curaçá	BA	18	24L	399993.19	9006059.97	0.49	2
22	Floresta	PE	12	24L	547427.97	9049182.09	0.46	2
32	Jatobá	PE	15	24L	580281.79	8984789.03	0.44	2
36	Manari	PE	8	24L	650755.51	9008820.16	0.43	2
38	Mirandiba	PE	4	24L	529767.31	9102356.88	0.43	2
40	Orocó	PE	2	24L	448972.43	9054460.24	0.44	2
44	Parnamirim	PE	1	24L	436241.90	9105607.43	0.43	2
48	Quixaba	PE	5	24M	626967.39	9146415.92	0.49	2
50	Rodelas	BA	16	24L	525618.43	9022175.99	0.48	2
55	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170.06	9026260.45	0.45	2
58	São José do Egito	PE	6	24M	690378.06	9172899.61	0.47	2
60	Serra Talhada	PE	5	24M	577287.66	9116488.52	0.50	2
62	Sertânia	PE	8	24L	691212.22	9107119.02	0.44	2
67	Terra Nova	PE	3	24L	458598.04	9090248.01	0.48	2
69	Triunfo	PE	5	24M	598999.47	9133461.11	0.43	2
71	Umburanas	BA	33	24L	245524.68	8812565.45	0.44	2
73	Verdejante	PE	3	24M	503083.78	9123893.65	0.42	2
3	Afrânio	PE	19	24L	279253.52	9058156.85	0.38	3
4	Arapipina	PE	1	24M	334660.81	9162240.04	0.39	3
8	Bodocó	PE	1	24M	396191.06	9140053.99	0.36	3
9	Brejinho	PE	6	24M	689145.53	9187220.83	0.36	3
12	Carnaíba	PE	5	24M	632945.67	9137000.50	0.38	3
15	Cedro	PE	3	24M	473617.82	9146426.51	0.41	3
16	Chorrochó	BA	16	24L	489365.77	9007349.56	0.38	3
18	Custódia	PE	8	24L	649477.07	9105741.35	0.38	3
19	Dormentes	PE	19	24L	304973.88	9065779.16	0.37	3
20	Exu	PE	1	24M	420063.93	9169552.65	0.38	3
21	Flores	PE	5	24M	612987.96	9130112.02	0.38	3
24	Granito	PE	1	24M	432171.45	9146999.23	0.40	3
26	Igaraci	PE	7	24M	663659.43	9133584.88	0.39	3
28	Ingazeira	PE	6	24M	669850.01	9151164.98	0.40	3
29	Ipubi	PE	1	24M	373240.50	9153972.50	0.36	3
31	Itapetim	PE	6	24M	699714.32	9183984.01	0.40	3
34	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143.74	9005204.18	0.38	3
39	Moreilândia	PE	1	24M	439174.39	9156436.71	0.36	3
41	Ouricuri	PE	1	24M	380720.93	9128499.23	0.37	3
42	Ourolândia	BA	33	24L	272329.52	8786479.79	0.37	3
43	Pariconha	AL	8	24L	609284.48	8977009.71	0.40	3
53	Santa C. da Baixa Verde	PE	5	24M	593368.10	9135407.67	0.39	3
54	Santa Filomena	PE	18	24L	321975.76	9097342.69	0.39	3

continua...

Tabela 5.6. Hierarquização e classificação de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio - Período: 1998-2002, segundo o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

...continuação

Obs	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	IDH	CLUSTER
56	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727.58	9184164.84	0.38	3
57	São José do Belmonte	PE	4	24M	526448.35	9130979.87	0.39	3
61	Serrita	PE	3	24M	467354.77	9123022.29	0.39	3
63	Sobradinho	BA	29	24L	299775.03	8954250.64	0.37	3
64	Solidão	PE	5	24M	648670.50	9159622.02	0.38	3
65	Tabira	PE	5	24M	661086.87	9160626.19	0.42	3
66	Tacaratu	PE	8	24L	593455.80	8993359.94	0.42	3
68	Trindade	PE	1	24M	360161.39	9141772.22	0.41	3
72	Várzea Nova	BA	33	24L	287964.03	8754684.39	0.40	3
7	Betânia	PE	9	24L	606327.72	9085163.48	0.34	4
11	Calumbi	PE	5	24M	593647.20	9122047.34	0.35	4
13	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070.18	9080369.98	0.32	4
23	Glória	BA	15	24L	581802.37	8967647.77	0.33	4
25	Ibimirim	PE	8	24L	644107.32	9055658.83	0.34	4
27	Inajá	PE	8	24L	629275.85	9015775.16	0.31	4
35	Macururê	BA	16	24L	493643.74	8986590.10	0.28	4
37	Mata Grande	AL	8	24L	639273.51	8991874.27	0.35	4
47	Pilão Arcado	BA	26	23L	773566.25	8893175.64	0.33	4
49	Remanso	BA	23	23L	820346.88	8935013.71	0.35	4
52	Santa Cruz	PE	18	24L	352949.53	9088885.73	0.31	4
59	Sento Sé	BA	23	24L	183376.66	8921299.61	0.31	4
70	Tuparetama	PE	6	24M	686247.27	9159275.23	0.31	4

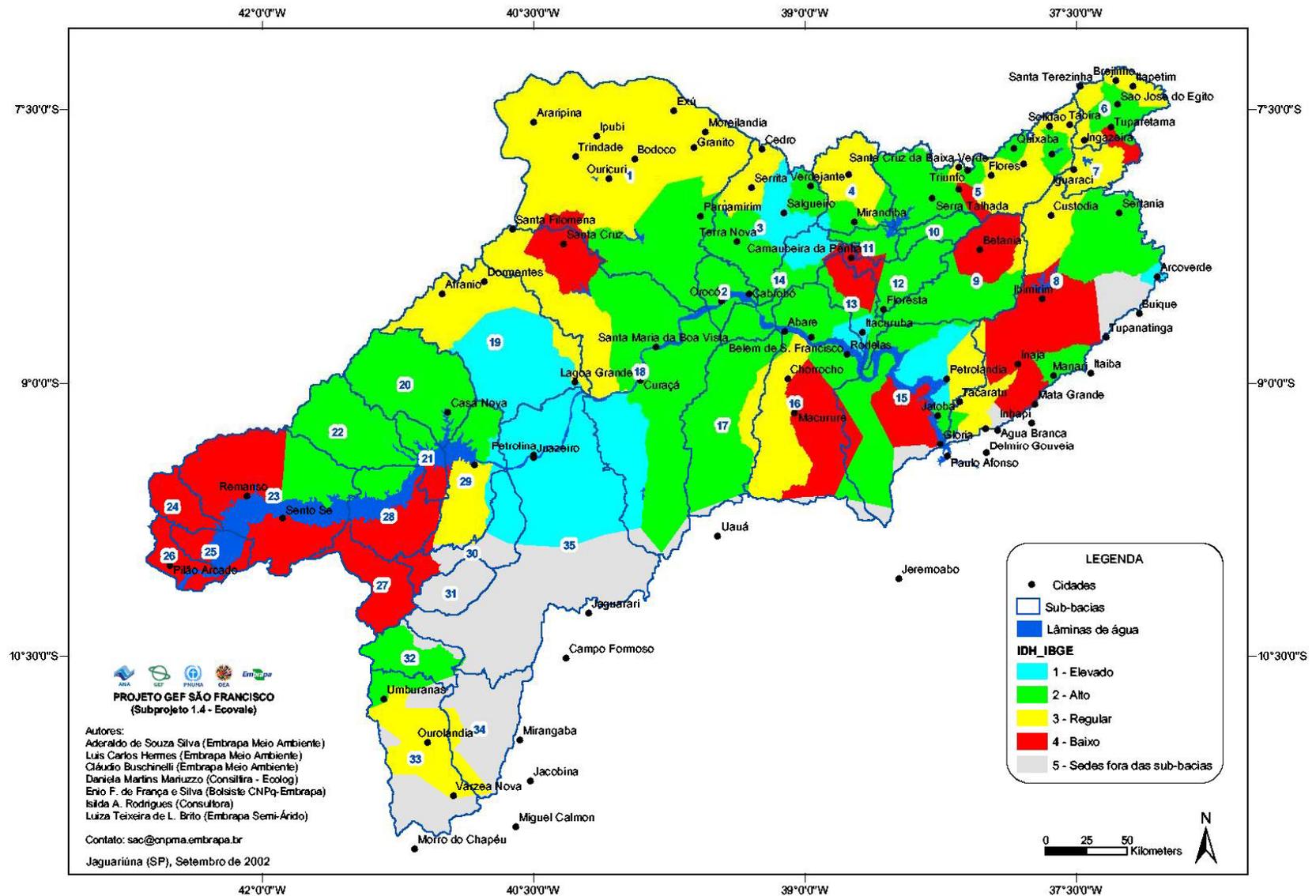


Fig. 5.2. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

5.2.2. Estudo Comparativo IDH *Versus* ISA_ÁGUA

Considerando-se que o IDH tem utilização generalizada no País como indicador de qualidade de vida, realizou-se uma análise comparativa entre os dois índices no âmbito regional. Numa primeira etapa classificaram-se as 35 sub-bacias hidrográficas em relação ao IDH e, em seguida, fez-se uma comparação desses resultados com o índice ISA_ÁGUA (Fig. 5.3).

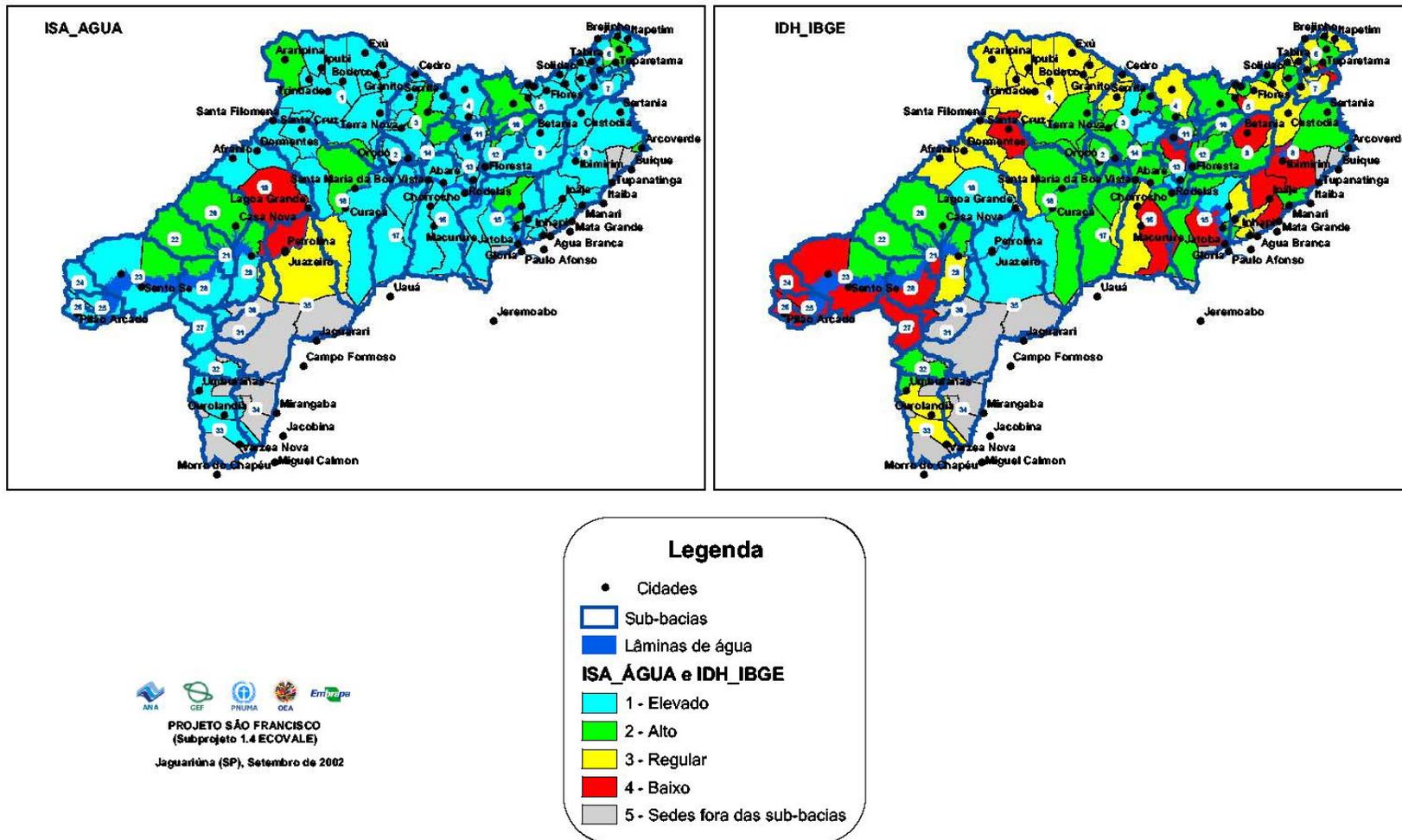


Fig. 5.3. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) dos municípios da região do Submédio São Francisco.

Observa-se que o índice IDH privilegiou as sub-bacias hidrográficas ou municípios que apresentaram as maiores médias nas três dimensões básicas de desenvolvimento humano, em detrimento da dimensão ecológica, ou seja, os municípios da região do Submédio São Francisco que apresentam altos índices de IDH não necessariamente terão desenvolvimento sustentável do uso das águas em longo prazo, uma vez que em sua maioria, para obterem tal êxito, tiveram que penalizar o meio ambiente.

Com base nas considerações anteriores, poder-se-ia dizer que a maioria dos municípios com IDH elevados apresentaria também altos valores do índice ISA_ÁGUA. Isto, porém, não é verdadeiro; pois o IDH não agrega variáveis da dimensão ecológica. Dessa maneira, conclui-se que o IDH não é adequado como indicador da sustentabilidade ambiental do uso das águas na região semi-árida brasileira, onde foi desenvolvida a metodologia do ISA_ÁGUA.

5.3. Considerações Finais

O ISA_ÁGUA permite a avaliação integral de um sistema composto pelos perfis ecológico, social e econômico interrelacionando-os, determinando o grau de sustentabilidade dos recursos hídricos e servindo como suporte à gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas. Por meio desse índice, foi verificado que 78% dos municípios que compõem a região do Submédio São Francisco necessitam de medidas ambientais restritivas e mitigadoras em curto prazo, 11% exigem monitoração ambiental e medidas mitigadoras de curto prazo, e para o restante dos municípios é conveniente um programa de educação ambiental em todos os níveis da população. Também foi observado um aumento significativo da demanda e alteração das águas superficiais que ocorreram junto às atividades agroindustriais e urbanas ribeirinhas ao longo do rio São Francisco, trecho Pilão Arcado - Paulo Afonso, em cerca de 700 km.

O ISA_ÁGUA espelhou as possíveis causas que estariam levando ao uso não sustentável da água, seja em municípios que apresentam bons índices no perfil social e econômico, seja em municípios que são flagrados com a necessidade desse desenvolvimento.

5.4. Referências

PLANO Nacional de Recursos Hídricos: documento base de referência. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentação.htm>. Acesso em 13 abr. 2004.

PNUD. **Relatório do desenvolvimento humano 2004**. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/reports/global/2004/>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

Metodologia para o Monitoramento da Qualidade das Águas em Bacias Hidrográficas Utilizando o ISA_ÁGUA e a Participação Comunitária

Luiz Carlos Hermes
Elisabeth Francisconi Fay
Ênio Farias de França e Silva

Mundialmente, a qualidade da água é vista, de forma convencional, como um conjunto de parâmetros químicos, físico-químicos, microbiológicos, físicos e hidrogeológicos, que, interpretados e comparados, podem ser classificados por meio dos índices de qualidade da água. Estes índices, apesar de serem úteis, têm mostrado algumas limitações, pois avaliam alterações, positivas ou negativas, que já ocorreram na água, diferindo da nova metodologia do ISA_ÁGUA, que tem caráter preventivo e não, paliativo.

Os resultados de dados dos milhares de corpos de água que vêm sendo monitorados ao longo dos anos mostram que muitos desses recursos encontram-se em crescente estágio de poluição. Isto comprova que apenas o ato de monitorar o recurso, com base no conceito conhecido de qualidade da água, não está sendo suficiente para evitar que esse seja poluído pelas atividades antrópicas em seu entorno. Surgiu, então, a necessidade de revisão e a proposição de novas abordagens para o problema, visando a sustentabilidade ambiental.

Desta forma, esta metodologia pioneira de monitoração de qualidade da água para a região do Submédio São Francisco, utiliza o novo conceito de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA). Salienta-se que esta metodologia pode ser extrapolada para toda a bacia do rio São Francisco podendo, portanto, por sua característica universal, ser aplicada a qualquer bacia hidrográfica. Essa proposta possibilita a monitoração da qualidade das águas, em grandes áreas, a custos mais reduzidos em comparação à metodologias tradicionais, levando-se em consideração as alterações causadas na água pela interferência do meio.

O presente capítulo relata ainda o desenvolvimento, adaptação e transferência de métodos e processos capazes de proporcionar e envolver as comunidades na realização da monitoração da qualidade das águas. Tendo os recursos hídricos como a base da sustentabilidade, métodos simples podem aumentar a percepção da população em relação ao lugar onde vive e possibilitar uma convivência mais harmônica dentro do espaço e no seu entorno.

O princípio está no treinamento de pessoas que estejam dispostas a contribuir voluntariamente com a preservação e melhoria da qualidade da água que consomem, os Agentes Ambientais Voluntários (AAVs). Após o treinamento desses agentes, os mesmos encontram-se

aptos a treinar novos voluntários nas localidades em que residem, possibilitando a formação de uma ampla rede com fluxo contínuo de informações e a interligação das diferentes estruturas organizacionais estabelecidas na região. Isto lhes proporcionará atuar individual ou coletivamente na resolução de problemas específicos, objetivando a melhoria do seu ambiente com garantia de ganho na qualidade da água das fontes por eles exploradas e, conseqüentemente, na qualidade de vida.

Técnicas simples e adaptadas às condições regionais foram disponibilizadas aos agentes que passaram a utilizar as ferramentas e procedimentos adequados à caracterização e monitoramento da qualidade de água.

6.1. Abordagem metodológica

A região do Submédio São Francisco é marcada por características geoambientais únicas: chuvas irregulares, longos períodos de seca e poucas áreas de terras agricultáveis (Andrade & Lins, 1971).

O rio São Francisco é a principal fonte de abastecimento e desenvolvimento da região, atendendo basicamente à população ribeirinha e, em alguns casos, outros municípios da bacia hidrográfica por sistemas de adutoras. Na região, grande parte das suas águas encontra-se represada; e seus tributários, quase na totalidade, são temporários, ou seja, só apresentam fluxo nas épocas que ocorrem precipitações pluviométricas. O confinamento de diversas fontes de água, durante o período de seca, confere características específicas para cada uma, acarretando sérias restrições em sua quantidade e qualidade. Há algumas centenas de metros do rio, o acesso à água é difícil e sua extração ocorre de barreiros, açudes e poços (amazonas, cacimbas e tubulares) (Suassuna, 1999).

Na região do estudo vive parte da população sertaneja, desprovida de assistência, convivendo com parasitoses intestinais, infecções de pele e doenças, algumas endêmicas, como chagas, leishmaniose, esquistossomose, dentre outras (Branco, 1999). Esses casos podem ser controlados por tecnologias simples (Murtha et al., 1997).

Outros fatores que devem ser observados são a posse e a forma de exploração heterogênea da terra, ocorrendo situações de extrema polarização no grau de desenvolvimento, em função de investimentos centralizados (Suassuna, 1999).

Várias causas podem ser apontadas para explicar essas situações, estando, de um lado, os planos político, social e econômico e, de outro, o distanciamento existente entre os conhecimentos gerados nas instituições de ensino e pesquisa e as informações que chegam nas comunidades da região. A falta da informação sobre o "como viver" em uma região de extrema fragilidade e severidade, de forma mais harmônica e sustentável, é uma das principais dificuldades encontradas no Submédio São Francisco.

A água não é o único elemento indispensável e importante para o desenvolvimento de uma região, mas, dentre todos os componentes que fazem parte daquele ecossistema, talvez seja o principal a servir como elo entre os diferentes compartimentos do mesmo. Em síntese, parte-se

do pressuposto de que todas as atividades antrópicas, ou pressões exercidas em áreas com limites naturais bem definidos (bacia hidrográfica), podem ser detectadas por meio dos recursos hídricos (EPA, 2002a).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o intuito de integrar a comunidade em ações de monitoramento. Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA, 2002b) dá suporte para diversos movimentos voluntários de monitoramento. Na Austrália, ações participativas no monitoramento dos recursos hídricos têm sido desenvolvidas com o apoio do governo a partir do programa Waterwatch Australia (Waterwatch 2000). No Brasil, a Embrapa Meio Ambiente iniciou, a partir de 1999, o trabalho com o objetivo de incorporar a comunidade no monitoramento da qualidade da água, tendo treinado, até o final do ano de 2002, cerca de 600 agentes voluntários, sendo 375 na bacia do rio São Francisco (Embrapa, 2002). Outros trabalhos com o mesmo objetivo foram desenvolvidos em regiões específicas com excelentes resultados, dentre eles, pode-se citar uma experiência com comunidades do Médio Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, por Siste et al. (2003).

Em um país com as dimensões continentais como o Brasil, as ações de monitoramento da qualidade da água são realizadas em praticamente todos os estados. Os pontos de coleta e análise são distribuídos ao longo dos cursos dos principais rios formadores da malha de drenagem das respectivas bacias hidrográficas (Fig. 6.1).

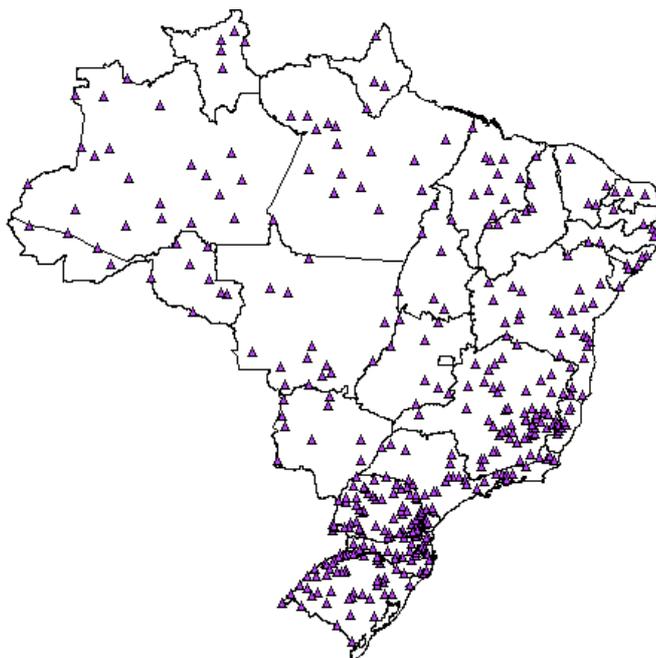


Fig. 6.1. Distribuição das estações de qualidade das águas no Brasil – 1999 (Fonte: ANEEL, 1999).

A rede de monitoramento na bacia do rio São Francisco é notadamente mais expressiva na região do Alto São Francisco, provavelmente em função de a rede de drenagem estar ali localizada. Já, na região do Submédio São Francisco, existem duas situações bem distintas, determinadas pelas próprias características da região, tendo poucos pontos de monitoramento.

Outra situação é a região afastada do rio, onde vive boa parte da população sertaneja. Neste caso, o acesso à água é difícil e feito pelo uso de barreiros, açudes (pequenos, médios e grandes), cisternas, poços (amazonas e cacimbas) e poços tubulares (Figs 6.2, 6.3 e 6.4). Nestes locais, as avaliações dos corpos de água são eventuais e estão mais centradas na determinação de salinidade das águas subterrâneas.



Fig. 6.2. Barreiro para captação de água



Fig. 6.3. Armazenamento de água em cisterna.



Fig. 6.4. Poço comunitário

Como esta região tem poucos recursos e grandes problemas, optou-se pelo uso de ferramentas simples para monitoração da qualidade da água, com participação direta das comunidades, na tentativa de avaliar as condições básicas em lugares que normalmente não são monitorados.

Com a convicção de que todos podem contribuir para a melhoria dos recursos hídricos, foi estruturada uma forma de trabalho que permita às pessoas de diferentes comunidades, escolas, universidades e não somente profissionais especializados que participem conjuntamente e de forma voluntária em um projeto de monitoramento de qualidade de água. O programa de formação de *Agentes de Água* tem nas escolas de ensino fundamental uma parceria de extrema importância, pois o ensino básico é o grande responsável na formação das pessoas. Esta é a instância ideal para que se obtenha as mudanças necessárias na forma de pensar sobre o ambiente e na maneira de melhorar a convivência das pessoas com seu entorno. A participação de educadores nos cursos de formação de agentes de água possibilita um grande ganho na construção da rede de monitores ambientais.

Entende-se que a estrutura deva funcionar como uma pirâmide tendo na base as comunidades locais. Seguindo em direção ao topo, as instituições regionais, os diversos especialistas que trabalham nas diferentes organizações e, finalmente no ápice, as organizações que atuam em âmbito federal e congregam a base do conhecimento e as grandes especialidades.

Nesta pirâmide hipotética, deve funcionar uma espécie de elevador em movimento contínuo, produzindo um fluxo de informações constante, pois a solução para os problemas encontrados está na interação e na capacidade de comunicação entre os vários segmentos envolvidos. Este é o ponto de maior dificuldade para implementar as ações propostas.

6.1.1. Treinamento de Agentes Voluntários para cadastro de corpos de água

Em regiões muito grandes e peculiares como as que se apresentam no Submédio São Francisco, localizar as fontes de água para seu cadastro e análise não é uma tarefa fácil. Para contornar este problema foram realizados contactos com as prefeituras e respectivas secretarias, em cada município estudado, para a indicação de pessoas com conhecimentos sobre a região. Os componentes dos grupos selecionados, agentes voluntários para o cadastro dos corpos de água, recebiam orientações específicas sobre preenchimento de fichas de cadastro de fontes de água superficiais e subterrâneas, bem como treinamento no manuseio dos aparelhos de Sistema de Posicionamento Global (GPS).

6.1.2. Treinamento de Agentes de Água Voluntários (AAVs) para o monitoramento da qualidade da água

A indicação do público-alvo é normalmente feita pelas secretarias dos municípios. Prevalcem os agentes de saúde, diretoras, professoras e alunos do ensino fundamental, de escolas técnicas e secundárias e de universidades da região, extensionistas, equipes técnicas de OGs e ONGs reconhecidamente envolvidas no processo de implementação das políticas estaduais e municipais de recursos hídricos .

Uma vez selecionados os agentes de água, realizaram-se os “Cursos de Formação de Agentes Ambientais Voluntários em Monitoramento da Qualidade de Água”, em que foram abordados tópicos teóricos-práticos: a) conhecimentos básicos sobre diagnóstico ambiental em bacias hidrográficas; b) rastreabilidade das fontes de poluição; c) uso de “ecokits” e laboratórios móveis para determinação dos parâmetros de qualidade de água; d) utilização de sondas automáticas multiparâmetros; e) procedimentos amostrais, f) preenchimento de fichas de resultados analíticos; g) entendimento do significado ambiental dos parâmetros avaliados.

A ferramenta básica para o agente ambiental é o EcoKit[®], que permite avaliar a qualidade da água pelos parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, dureza total, turbidez, ferro, fosfato, cloreto, cloro, amônia e coliformes totais e fecais, possibilitando aos agentes treinados monitorar a qualidade da água nas localidades onde residem, determinando diversas variáveis físico-químicas com bons resultados. Em cada “kit”, ou estojo, podem ser adicionadas determinações específicas de acordo com as condições predominantes em cada

bacia hidrográfica. Além disso, os resultados podem ser discutidos, enfocando a potabilidade da água, a necessidade de controle da qualidade e a preservação das áreas de mananciais.

O Ecokit[®] (Fig. 6.5) é composto por reagentes, vidrarias e outros materiais para realização de análises físico-químicas. É acompanhado de um folheto explicativo com o modo de usar, como proceder cada determinação e como interpretar os resultados. Seu custo é baixo, permitindo uma grande utilização e capilaridade na coleta de dados e grande abrangência regional, proporcionando uma alta frequência nas análises. Dessa forma, a metodologia torna-se uma ferramenta auxiliar de grande importância na avaliação e monitoramento, tendo grande aceitação nos diversos segmentos envolvidos com o programa de formação dos Agentes.



Fig. 6.5. Ecokit[®] para realização de análises físico-químicas da água.

Também são realizadas determinações microbiológicas e avaliação das comunidades bentônicas, além de análises complementares, dando suporte aos resultados obtidos.

Uso de "kits" para determinação microbiológica da qualidade da água

Lodo, escoamento superficial da agricultura, dejetos urbanos e esgoto doméstico são amplamente descarregados em corpos de água, particularmente em rios. Os patógenos associados a essa descarga, conseqüentemente, ficam distribuídos nesses corpos de água, representando riscos para o usuário. A contaminação fecal é medida como indicador da presença de poluentes orgânicos de origem humana (Chapman, 1992).

O grupo das bactérias denominado coliformes inclui todos os bacilos aeróbicos, gram-negativos e não formadores de esporos que, quando incubados a 35°C, fermentam a lactose, produzindo gás (CO₂) em 48 horas. Este grupo de coliformes é composto por *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Podem ser encontrados em pastagem, solos, plantas submersas e mesmo em outros lugares do organismo, sendo, por isso, denominados coliformes totais. Os coliformes fecais são as bactérias originárias especificamente do trato intestinal. Métodos para detecção de material fecal, como, por exemplo, os "kits" microbiológicos (Fig. 6.6), foram desenvolvidos utilizando a presença de organismos indicadores como a bactéria intestinal *Escherichia coli*, uma vez que ela é específica de material fecal humano ou de outros animais de sangue quente (Chapman, 1992).

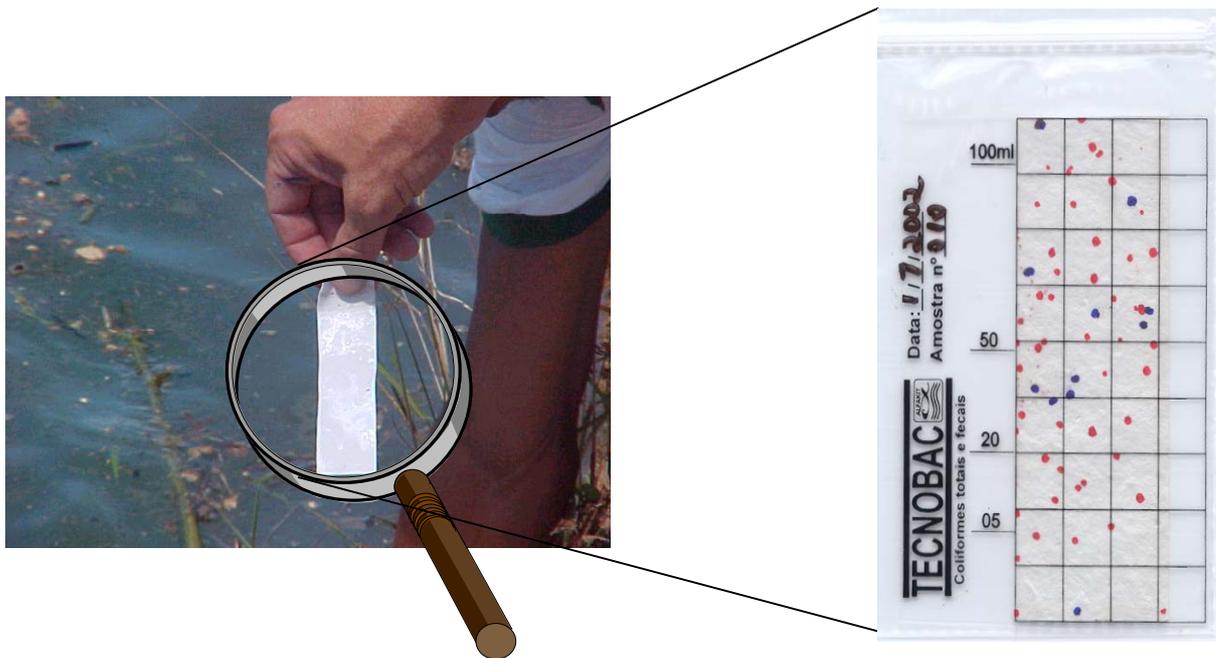


Fig. 6.6. Análise de coliformes totais e fecais pelo "Kit" microbiológico.

Uso de "kits" para análises de macroinvertebrados bentônicos

Macroinvertebrados bentônicos são comunidades biológicas, presentes nos diversos ecossistemas, que refletem no todo a integridade dos mesmos. Expressam as características estruturais, químicas, físicas e biológicas.

A disponibilização de métodos simples (Fig. 6.7), para os agentes da água, que permitam quantificar os macroinvertebrados pertencentes a determinados grupos indicadores ou sensíveis aos diferentes tipos de agentes estressores possibilita, em consonância com as determinações físico-químicas e bacteriológicas da água, a realização de diagnósticos representativos do grau de estabilidade ou não dos corpos de água e sua relação com o entorno.

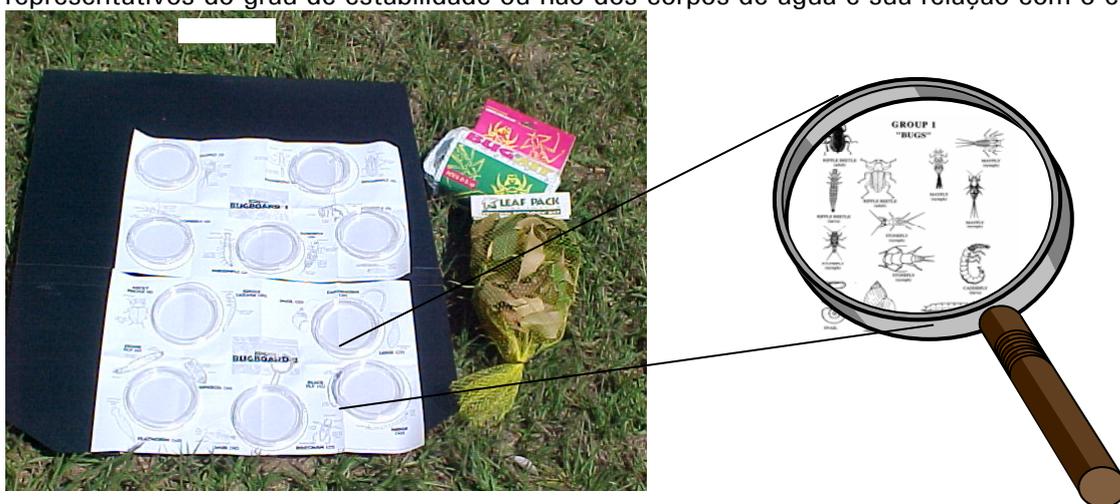


Fig. 6.7. Material para avaliação de macroinvertebrados bentônicos (Bug Kit. LaMotte Company, Chestertown- Maryland, USA).

Equipamentos de Suporte

Laboratórios móveis

Os laboratórios portáteis "Smart Water" (Fig. 6.8) possibilitam a determinação de 24 variáveis relacionadas à qualidade de água, em condições de campo, com a finalidade de detectar pontos de poluição e viabilizar estudos ambientais *in loco*.



Fig. 6.8. Laboratório portátil.

Por intermédio de análises colorimétricas, 15 variáveis físico-químicas podem ser quantificadas com precisão. Dentre elas estão: amônia, cloro, bromo, iodo, cromo, fluoreto, ferro, nitrato, nitrito, fósforo, sílica, sulfato, sulfeto e turbidez. Outras 6 variáveis podem ser determinadas por titulometria, sendo elas: alcalinidade, dióxido de carbono, cloreto, salinidade, oxigênio dissolvido e dureza.

O laboratório possui ainda um condutivímetro e um pHmetro capazes de medir a condutividade elétrica, os sólidos totais dissolvidos e a concentração hidrogeniônica (pH). São considerados laboratórios regionais e devem ser manuseados por pessoal técnico-especializado. Servem para dar cobertura a regiões em que os demais instrumentos usados apontaram para algum problema de maior amplitude, necessitando, portanto, análises mais apuradas.

Sondas multiparâmetros

As sondas de medição da qualidade da água (Fig. 6.9) possuem diversos sensores acoplados, para medidas de diferentes parâmetros de forma simultânea e são de grande utilidade em trabalhos de inventário e monitoramento da qualidade das águas. São instrumentos de precisão, podendo ser usados de forma estática (fixas em determinado local) ou de forma dinâmica (acompanhando quem está monitorando). Têm grande capacidade de armazenamento de dados e possibilitam o envio dos resultados via sistema de telemetria. Quando em modo fixo, podem ser acopladas também em sistemas transmissores de dados, possibilitando um monitoramento em tempo real e de modo contínuo (Figs 6.9 e 6.10). Os dados obtidos na utilização da sonda multiparâmetros podem ser transferidos para computador, utilizando o programa EcoWatch, cuja saída está exemplificada na Fig. 6.11.

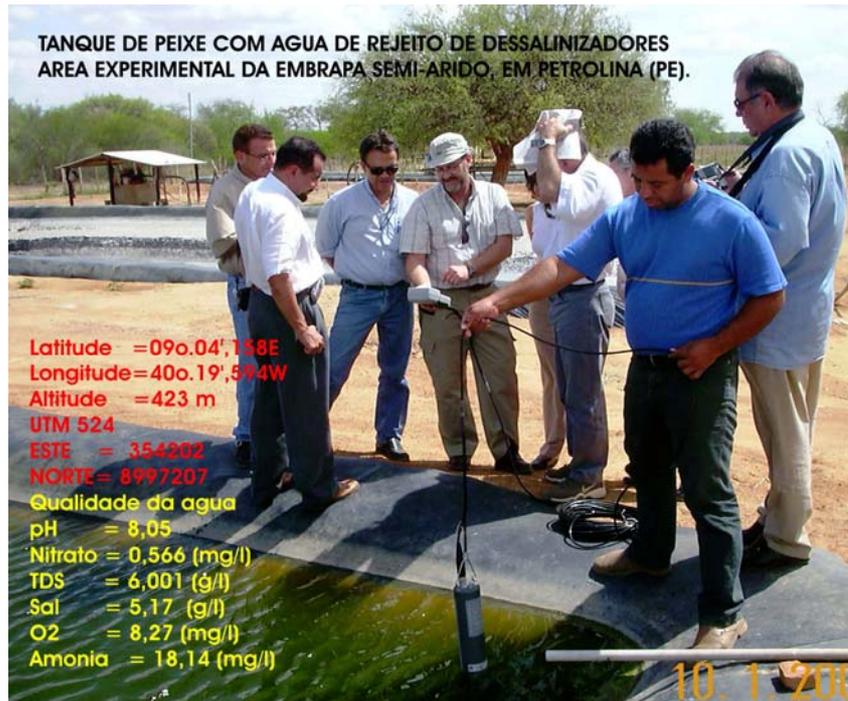
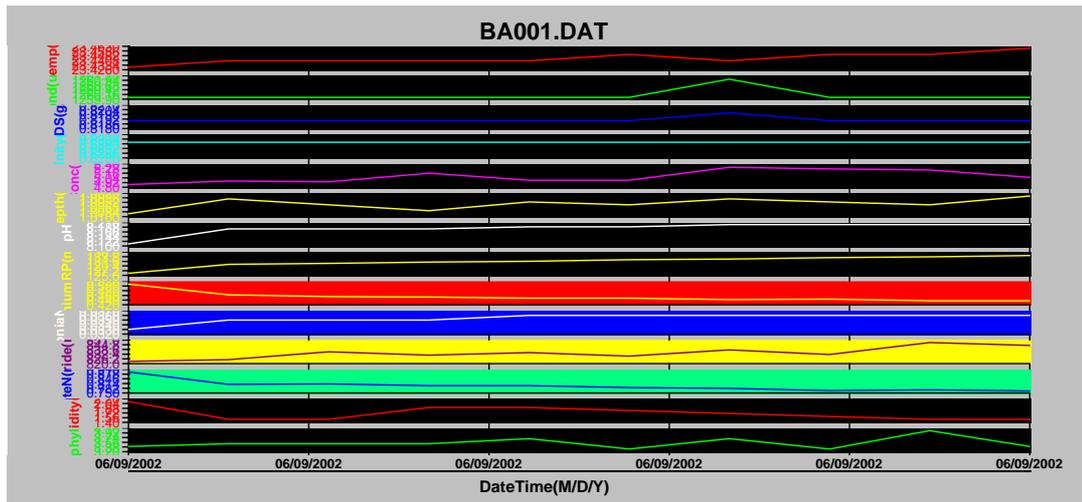


Fig. 6.9. Análise da qualidade da água utilizando a sonda multiparâmetros.



Fig. 6.10. Coletor de dados de sonda multiparâmetro.



DateTime M/D/Y	Temp C	SpCond uS/cm	TDS g/L	Salinity ppt	DO Conc mg/L	Depth m	pH	ORP mV	AmmoniumN mg/L	AmmoniaN mg/L	Chloride mg/L	NitrateN mg/L	Turbidity NTU	Chlorophyll ug/L
06/09/2002 2 09:05:03	23.43	1260.0	0.819	0.63	4.87	1.009	8.11	126	0.51	0.03	822.70	0.89	2.1	3.4
06/09/2002 2 09:05:13	23.44	1260.0	0.819	0.63	4.96	1.004	8.18	130	0.46	0.03	825.10	0.81	1.5	3.5
06/09/2002 2 09:05:23	23.44	1260.0	0.819	0.63	4.94	1.006	8.18	131	0.45	0.03	835.40	0.81	1.5	3.5

Fig. 6.11. Resultados da sonda multiparâmetro e apresentados pelo programa EcoWatch.

6.1.3. Proposta de monitoramento para o uso sustentável da água

- **Recomendação dos pontos de amostragem para o monitoramento das águas superficiais**

Mediante a aplicação da metodologia ISA_ÁGUA, foi possível selecionar as áreas críticas que necessitam de monitoração sistemática da qualidade das águas superficiais pelas agências oficiais de controle ambiental.

Para as águas superficiais existem duas condições de monitoração, dependendo do regime hídrico. A primeira considera a calha do rio São Francisco, a qual deve ser avaliada com periodicidade mensal ou quinzenal, em função das mudanças freqüentes nos parâmetros de qualidade da água, conforme verificado neste estudo. Dessa forma, foram selecionadas oito áreas críticas, representadas por círculos vermelhos na Fig. 6.12. Quanto às águas dos tributários e açudes da região, a avaliação deve ter periodicidade trimestral ou bimestral. Nesse caso, foram selecionadas 17 áreas críticas, representadas por círculos verdes na Fig. 6.12.

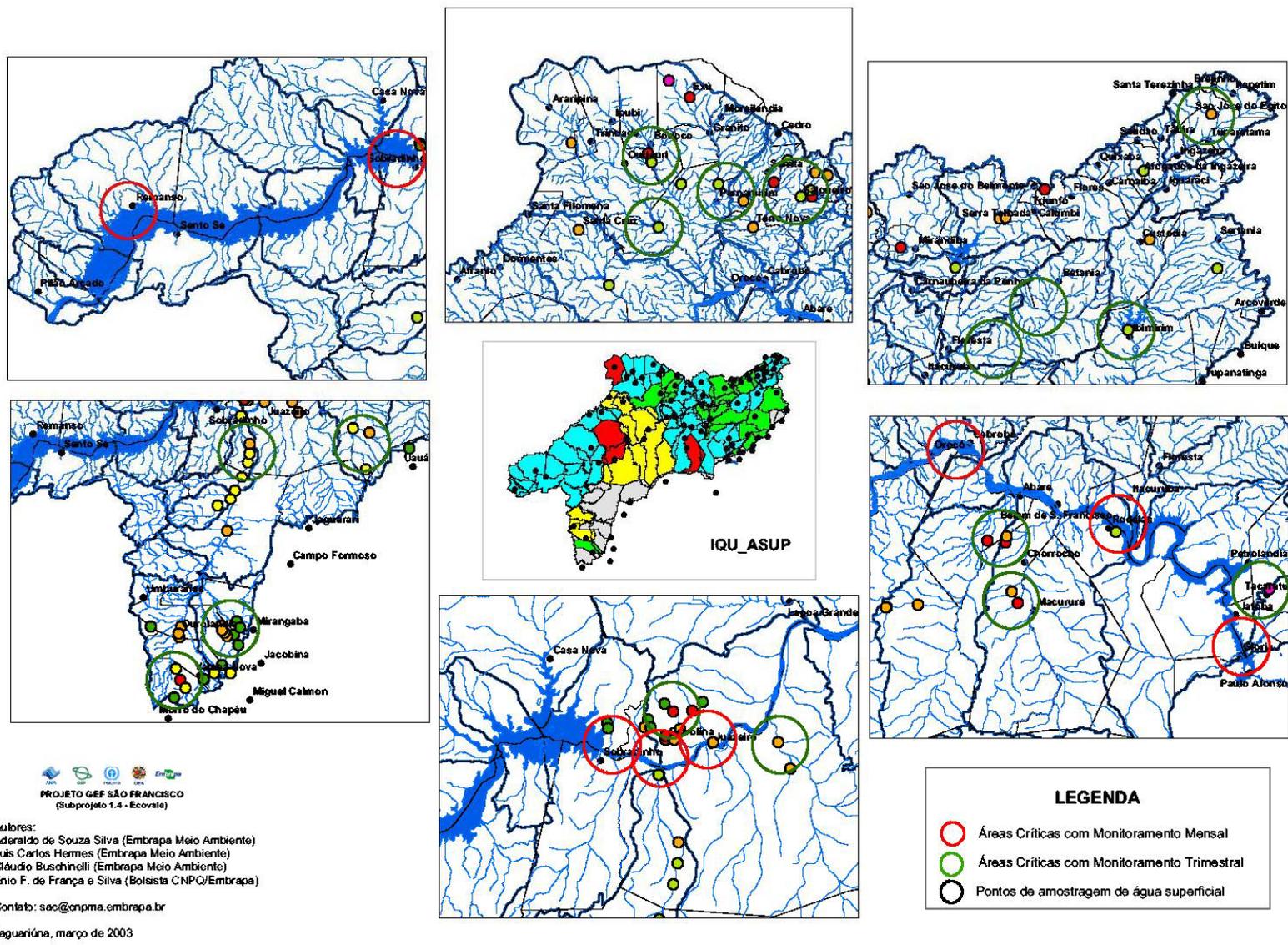


Fig. 6.12. Pontos de monitoramento das águas superficiais segundo a metodologia ISA_ÁGUA na região do Submédio São Francisco.

- **Recomendação dos pontos de amostragem para o monitoramento das águas subterrâneas**

O mesmo procedimento já descrito permitiu selecionar as áreas críticas para o controle dos recursos hídricos subterrâneos. Neste caso, o regime hídrico não tem interferência acentuada; portanto, não há necessidade de monitoração com periodicidade inferior a seis meses. Foram selecionadas 24 áreas críticas representadas por círculos laranja na Fig. 6.13.

É importante destacar a formação da rede de monitores ou de agentes voluntários de água para dar suporte aos pontos de monitoração, conforme descrito a seguir.

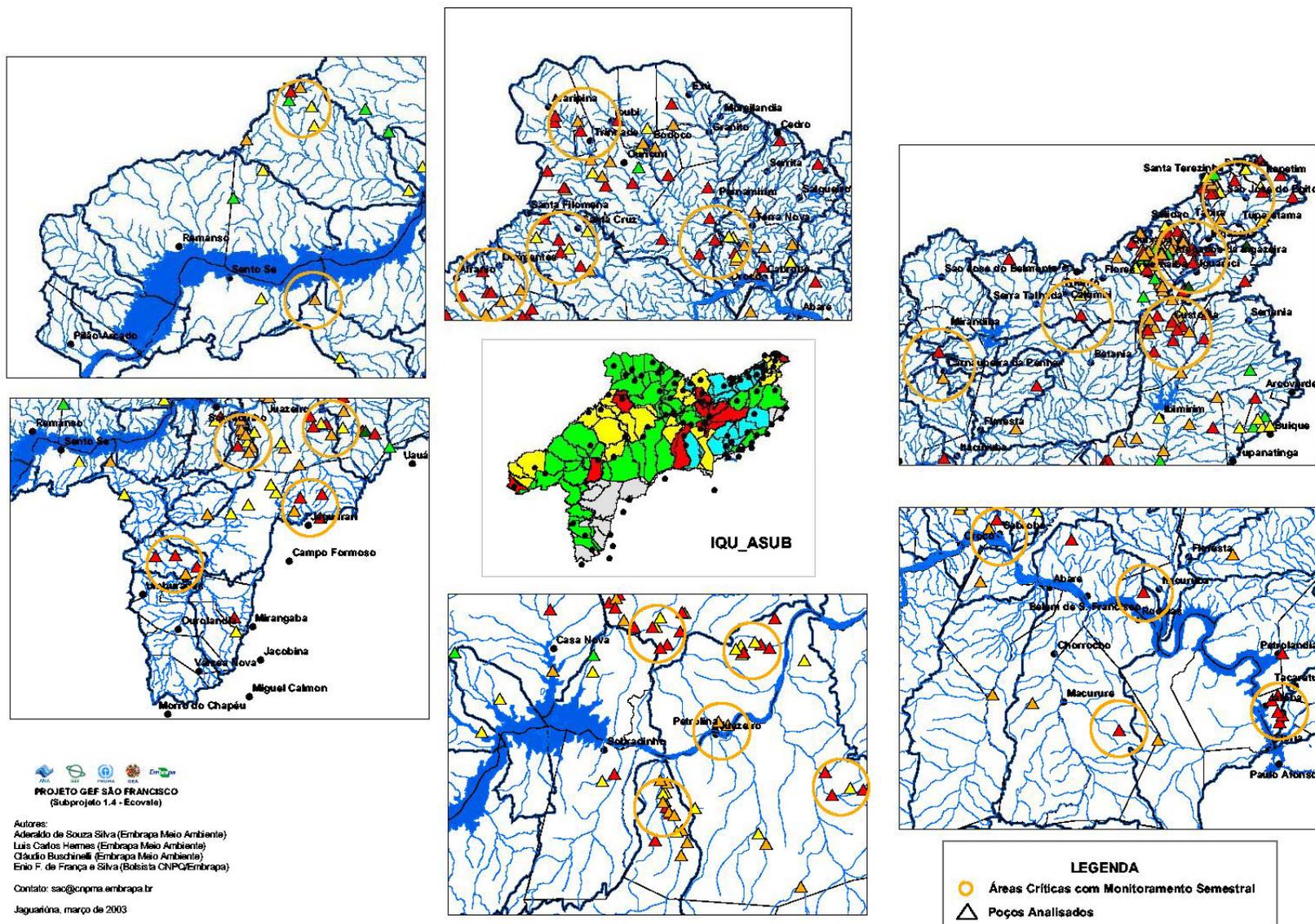


Fig. 6.13. Pontos de monitoramento das águas subterrâneas segundo a metodologia ISA_ÁGUA na região do Submédio São Francisco.

6.2. A formação da rede (capilaridade)

As atividades dos AAVs podem ser consolidadas por meio de uma infra-estrutura mínima com Ekokits, laboratório móvel (realiza até 62 análises de água, incluindo metais pesados) e um ponto para internet de alta velocidade. Estes equipamentos devem ficar preferencialmente no escritório técnico de apoio do Comitê Gestor da Bacia Hidrográfica. Assim, a equipe de Agentes que pertença a uma determinada localidade poderá integrar-se a outras equipes, trocando informações. Para que se tenha uma idéia da capilaridade desta rede, na Fig. 6.14 é apresentado um modelo esquemático do funcionamento.

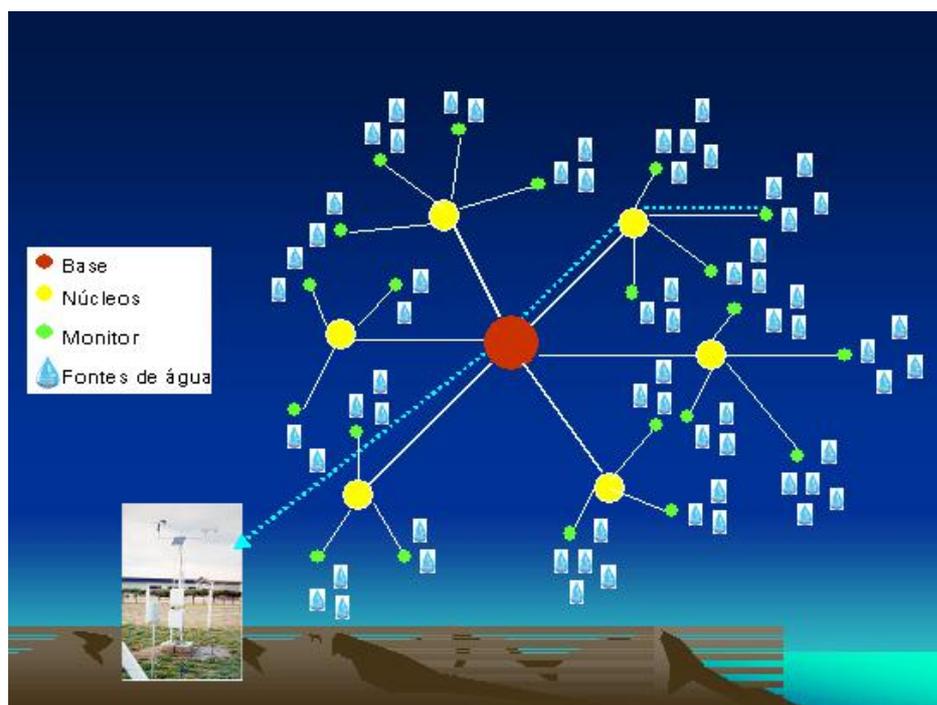


Fig. 6.14. Modelo de rede de monitoração.

Por exemplo, uma escola pode ser utilizada como centro aglutinador das informações sobre qualidade das águas. As amostras de água são colhidas pelo aluno que realiza a análise de alguns parâmetros no próprio local, sendo os demais analisados sob a supervisão do responsável pelo núcleo/base (professor). Nas escolas estes materiais são aproveitados para divulgação em feiras de ciências, reuniões de pais e mestres e, como material didático, nas aulas ministradas.

O responsável pelo núcleo (escola) envia os resultados da monitoração via internet ou de qualquer outra forma para o responsável pela base na região, que, por sua vez, remete para Embrapa Meio Ambiente e ANA, alimentando as bases de dados ambientais geradas pelo sistema de informações ambientais. Este fluxo de informações é retroalimentado e permite a identificação de áreas problemas em um tempo muito curto, possibilitando ações mitigadoras mais rápidas.

Na Fig. 6.15, pode ser observada a distribuição espacial e estimativa do número de núcleos e de agentes de água voluntários, necessários para as 35 sub-bacias da região do Submédio São Francisco. É apresentada a formação em rede da base principal da região e núcleos interligados com os respectivos pontos amostrais.

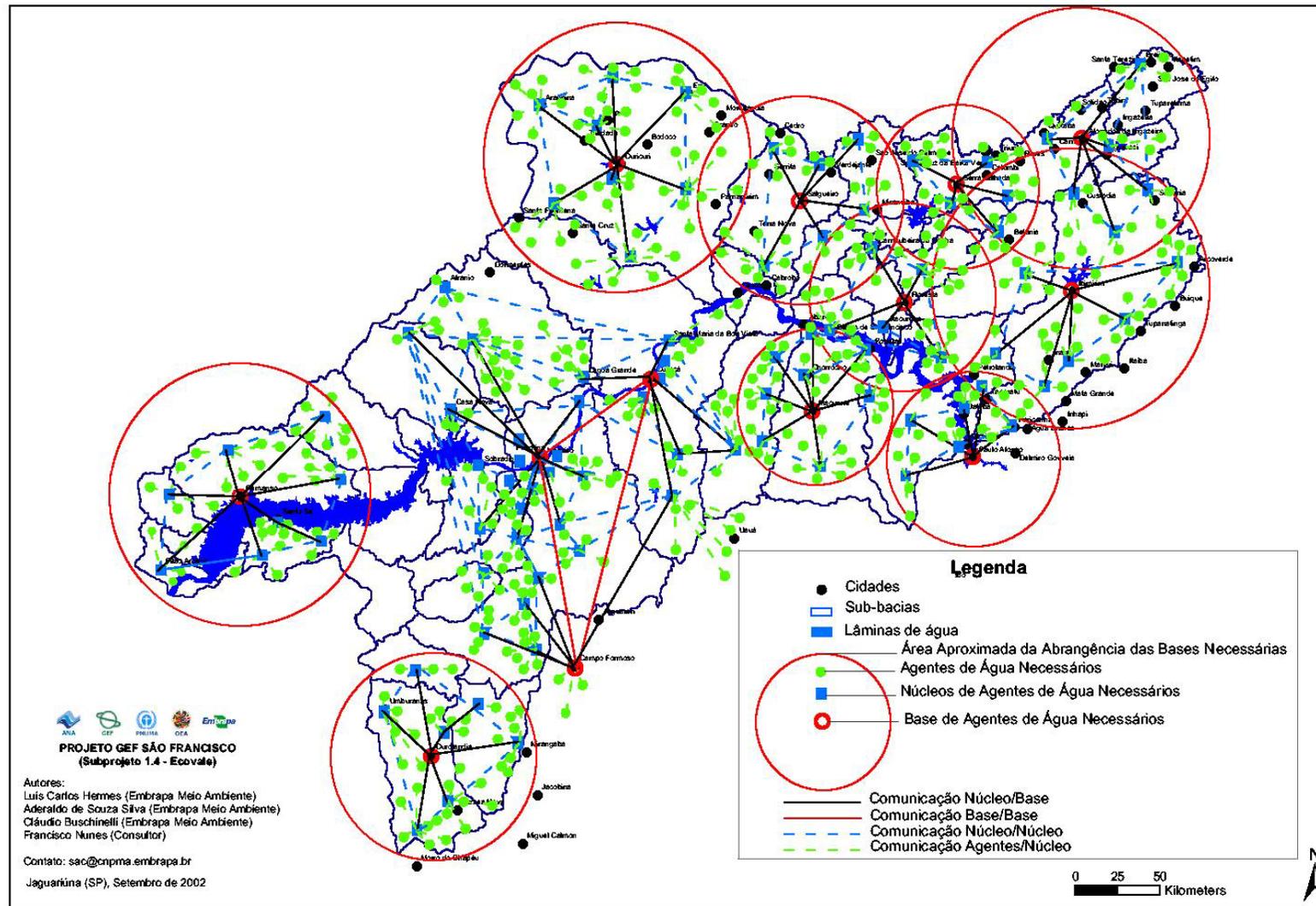


Fig. 6.15. Núcleos de Inventário do Uso Sustentável da Água e estimativa do número de Núcleos e de Agentes de Água Voluntários, necessários para as 35 sub-bacias da região do Submédio São Francisco.

6.3. Sistema de informação ambiental do uso da água (SIAM_ÁGUA)

O SIAM (Serviço de Informações Ambientais de Alerta aos usuários de água) está sendo desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente e constará de um sistema de informação com base no protocolo de comunicação da Internet, como suporte de acesso às informações privilegiadas em diferentes níveis.

Disponibilizará informações técnicas processadas, provenientes de dados de estações hidro-edafoclimáticas, de coletores eletrônicos de campo e de sondas de qualidade da água, instaladas em pontos de monitoramento. Por meio deste serviço os usuários serão informados de todas as atividades ligadas ao uso sustentável da água e da sua qualidade, bem como sobre os indicadores técnicos mais adequados a serem incorporados em seus sistemas produtivos, tais como: balanço hídrico diário, qualidade ambiental, o manejo de solo e água, previsão de tempo e informações gerais.

6.4. Considerações Finais

A metodologia de monitoramento desenvolvida com base no ISA_ÁGUA permite que ações corretivas ou mitigadoras de impactos ambientais negativos sejam defragadas no momento em que forem detectados, durante o monitoramento ambiental. Para a monitoração dos recursos hídricos, é essencial o conhecimento técnico adquirido durante curso de formação de agentes de água, bem como a utilização de ferramentas de baixo custo para análise da qualidade da água, como o Ecolkit. Também a utilização de sondas multiparâmetros possibilitará o inventário rápido para grandes áreas agilizando a tomada de decisões na solução dos problemas encontrados.

6.5. Referências

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. In: CONDEPE. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife, 1971. p. 95-138.

ANEEL. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. **Rede hidrometeorológica: plano de trabalho – 1999**. Brasília, 1999.

BRANCO, S. M. Água meio ambiente e saúde. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.(Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 227-248.

CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. London: E&FN Spon, 1992. 626 p.

EMBRAPA Meio Ambiente. **Formação de agentes de água em recursos hídricos: Relatório técnico**. Jaguariúna, 2002. 15 p.

EPA. **Watershed Information Network: index of watershed indicators**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iwi>>. Acesso em: 27 out. 2002a.

EPA. **Monitoring and assessing water quality: volunteer monitoring**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/monitoring/vol.html>>. Acesso em: 27 out. 2002b.

MURTHA, N. A.; HELLER, L.; LIBÂNIO, M. A filtração lenta em areia como alternativa tecnológica para o tratamento de águas de abastecimento no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1997. CD-ROM.

SISTE, E. C.; SOARES, O. B.; DUNCAN, B.; PEREIRA, C. A. G. Experiência de um programa de monitoramento participativo da qualidade da água em comunidades rurais do Médio Vale do Jequitinhonha-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA, 4., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro, 2003. CD-ROM.

SUASSUNA, J. **Contribuição do estudo hidrológico do semi-árido nordestino**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1999. 62 p.

WATERWATCH Austrália. **Communities caring for catchments**. Disponível em: <<http://www.waterwatch.org.au>>. Acesso em: 23 jun. 2000.