



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS



GEF
Fundo para o
Meio Ambiente Mundial



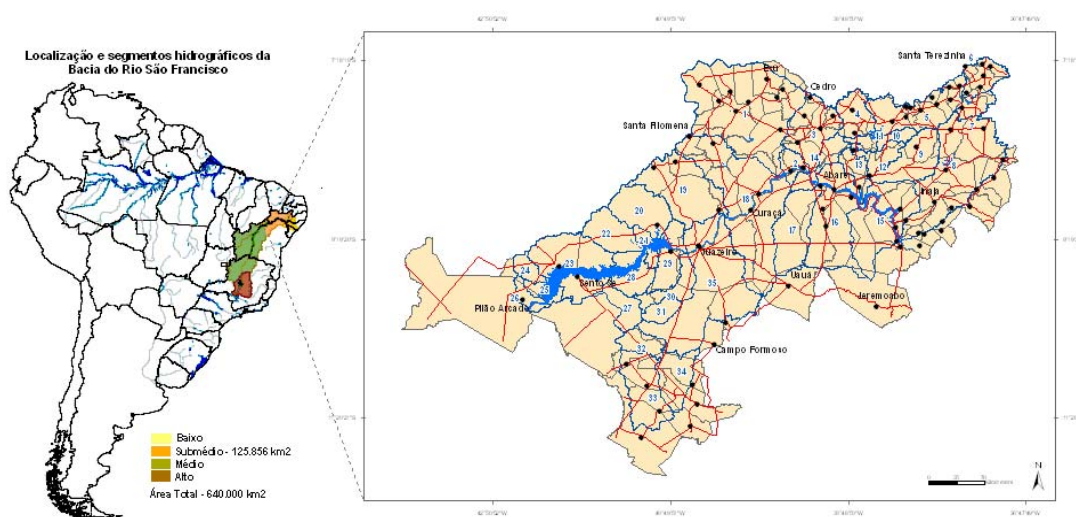
PNUMA
Programa das Nações Unidas
para o Meio Ambiente



OEA
Organização dos
Estados Americanos

PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA

Subprojeto 1.4 - Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Qualidade de Água no Submédio do Rio São Francisco



Resumo Executivo do Relatório Final

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA NO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO: ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA (ISA_Água)



Meio Ambiente

Jaguariúna-SP

**PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA
NA BACIA DO SÃO FRANCISCO
ANA/GEF/PNUMA/OEA**

**Subprojeto 1.4 - Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de
Qualidade de Água no Submédio do Rio São Francisco**

Resumo Executivo do Relatório Final

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA
NO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO:
ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL
DO USO DA ÁGUA (ISA_Água)**

Coordenação do Subprojeto

Aderaldo de Souza Silva
Embrapa Meio Ambiente

Consultores Participantes

Anderson Soares Pereira
Ana Maria Ramos de La Cruz
Cláudio César de Almeida Buschinelli
Daniela Martins Mariuzzo
Ênio Farias de França e Silva
Francisco de Assis Nunes da Silva
Izilda Aparecida Rodrigues
José Maria Gascó
Luiz Carlos Hermes
Luiza Teixeira de Lima Brito
Marcos César Ferreira
Maria Inês Martins Ferreira
Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Renato Fontes Guimarães
Roberto Affonso Marino
Ronaldton Evandro Machado
Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro Filho

Dezembro de 2002

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA NO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO: *ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA (ISA_Água)*

RESUMO EXECUTIVO

INTRODUÇÃO

A bacia 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 no Estado de Minas Gerais, até a confluência com o rio das Velhas; o *Médio São Francisco*, que vai desde a foz do rio das Velhas até a cidade de Remanso no Estado da Bahia; o *Submédio São Francisco*, desde a cidade de Remanso até a barragem de Paulo Afonso na Bahia; e o *Baixo São Francisco*, situado entre Paulo Afonso e o oceano Atlântico. Esta bacia abrange uma superfície de 640.000 km², equivalente a 7,5% do território brasileiro.

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 "Desenvolvimento de um sistema de monitoramento da qualidade da água na região do Submédio do Rio São Francisco - Ecovale", ao Projeto São Francisco, foi o aporte de uma metodologia pioneira, visando a construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso Água (ISA_ÁGUA).

A escolha da região do Submédio do rio São Francisco (Figura 1), para este estudo, foi devida à importância dos impactos ambientais provenientes do elevado complexo agroindustrial localizado nesta região, da emissão significativa de efluentes urbanos lançados por uma população ribeirinha concentrada, em torno de 2 milhões e quinhentas mil pessoas e a 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, com base no conceito de desenvolvimento sustentável. Mede a situação média de uma unidade geográfica de referência em três dimensões básicas, ecológica, econômica e social, integrando-as ao final, com a finalidade de demonstrar qualitativa e quantitativamente a performance dos indicadores. Isto auxiliará a tomada de decisão para políticas públicas, bem como poderá sugerir os pontos ou estações, mais adequadas de amostragem e de monitoramento da qualidade das águas de usos múltiplos.

O ISA_Água, envolvendo as dimensões econômica, social e ecológica, teve o suporte financeiro da Organização dos Estados Americanos (OEA), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, *Global Environmental Foundation* - GEF, Agência Nacional de Águas - ANA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e colaboração da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba-CODEVASF e das Secretarias de Agricultura municipais localizadas na área de estudo.

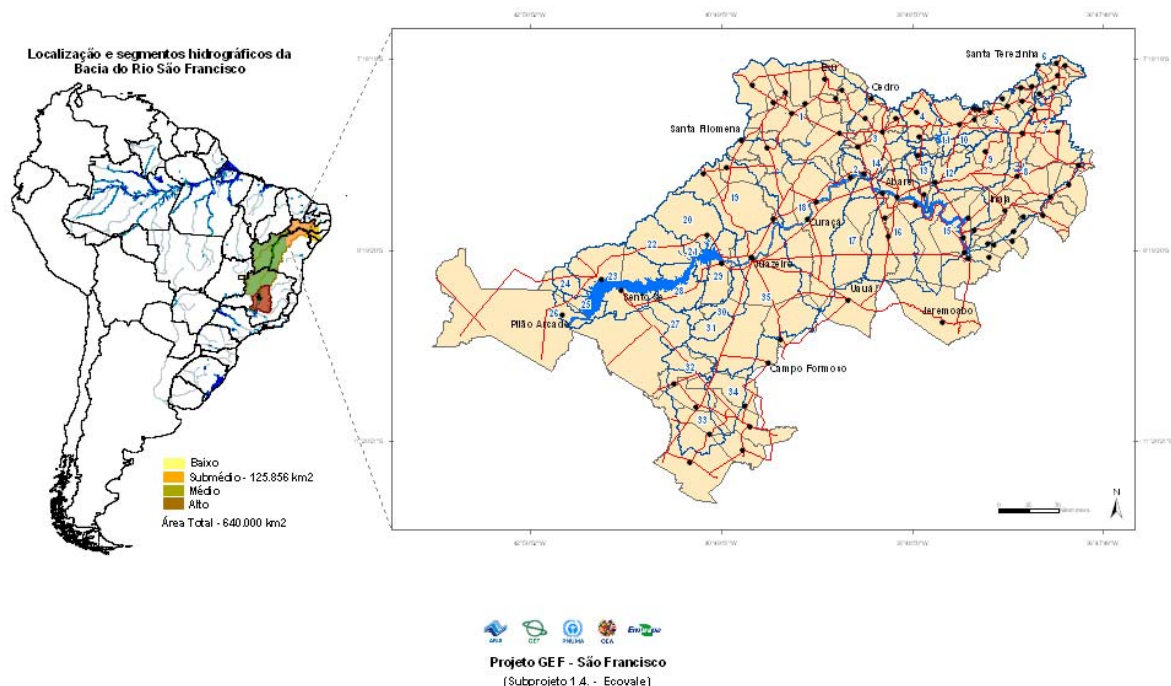


Figura 1. Mapa da localização geral da área de estudo na região do Submédio do rio São Francisco, abrangendo parte dos estados da Bahia e Pernambuco

2. PROPOSTA METODOLÓGICA DO USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

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, 2002). Para indicadores, índices, normas e padrões, avaliação e monitoramento da qualidade das águas, seguiu-se 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 (IAP-GTZ, 1995).

O estudo englobou de forma integrada os perfis social, econômico e ecológico na avaliação dos corpos de água, minimizando o exame isolado de cada um deles. Cada perfil foi caracterizado por grandes temas, construídos com as informações provenientes de dados obtidos em campo, durante quatro anos, e de dados secundários disponibilizados pela Fundação IBGE.

O índice ambiental construído ao final foi a descrição real quantitativa e qualitativa de alguns dos componentes selecionados em cada tema formador dos perfis, aqui definidos como indicadores.

2.2. Considerações metodológicas

A proposta metodológica do uso sustentável 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 regional por bacia, sub-bacia ou micro-bacia hidrográfica, criando-se instrumentos de mensuração, tais como indicadores de sustentabilidade ambiental.

A integração dos perfis social, econômico e ecológico, visando a construção destes indicadores pode ser vista esquematicamente na Figura 2. Os indicadores construídos são ferramentas precisas e de amplo uso, os quais foram consagrados de forma individualizada no *International Expert Meeting on Information for Decision - Making and Participation*, de 2000, realizado no Canadá (Nações Unidas, 2001).

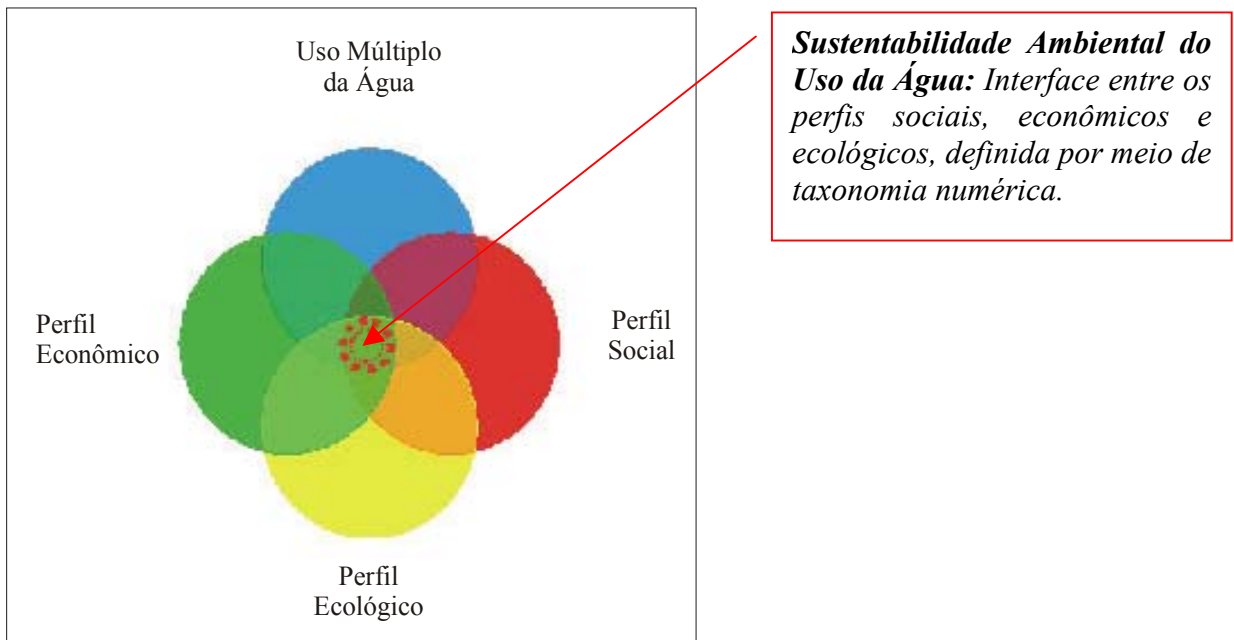


Figura 2. Modelo esquemático de integração dos perfis social, econômico e ecológico utilizado na construção da Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água.

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 e água são recursos não renováveis e finitos. Estão distribuídos de forma desigual pela bacia hidrográfica do rio São Francisco. Também enfoca os objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais aos benefícios das gerações futuras (IBGE, 2002).

A proteção do meio ambiente como uma nova 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 (Jorgenssen, 1997).

O perfil ecológico foi construído por meio da análise integrada de 16 indicadores, representados principalmente por: ausência de cobertura vegetal, balanço hídrico, escoamento fluvial, estradas vicinais, fontes de poluição, avaliação ambiental das fontes de água (segundo norma ISO 14.001), proximidades a núcleos urbanos, qualidade físico-química das águas superficiais, qualidade físico-química das águas subterrâneas, qualidade microbiológica das águas superficiais, saneamento básico, susceptibilidade a contaminação química, carga de agrotóxicos utilizada na agricultura irrigada por sub-bacia hidrográfica e degradação hídrica (Figura 3).

A maioria das informações pesquisadas “in loco”, visando a construção do perfil ecológico foram georreferenciadas, como é possível observar na Foto 1.

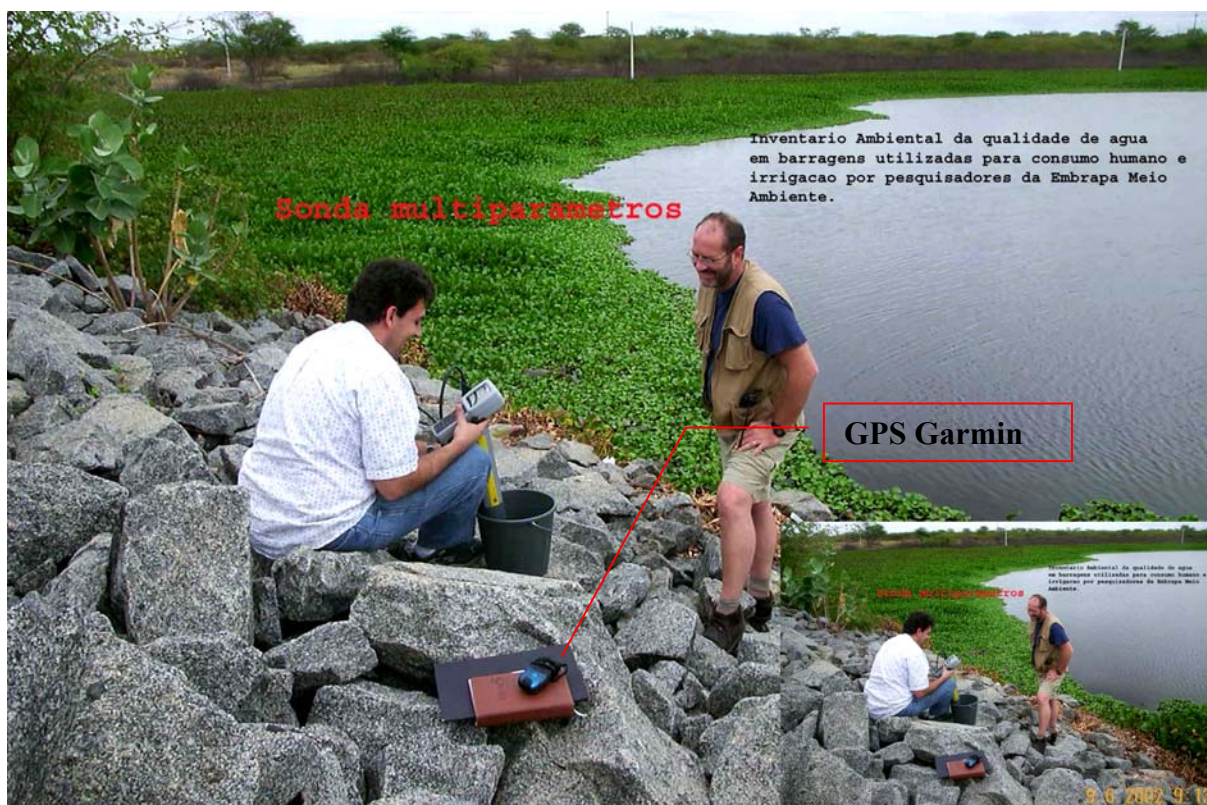


Foto 1. Inventário da qualidade de água utilizada para consumo humano e irrigação, em Ibimirim (PE).

Essas informações são oriundas de dados primários levantados diretamente em campo por meio de análises físico-químicas e microbiológica da qualidade da água bem como com a aplicação dos inventários pertinentes nos municípios da bacia do Submédio São Francisco. Os dados secundários foram provenientes de levantamentos do IBGE e outras instituições, como a Agência Nacional do Petróleo e a Federação das Indústrias dos Estados da Bahia e de Pernambuco. Salienta-se que a terminologia usada para definição de cada indicador do perfil ecológico é a mesma utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002). Procedimento similar foi utilizado para os perfis econômico e social.

2.2.2. Perfil Econômico

O perfil econômico expressa as diferenças entre as sub-bacias hidrográficas referente à estrutura econômica regional. Por outro lado, segundo o IBGE (2002), esse 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 da extração vegetal, produto interno bruto, salários e outras remunerações e unidades locais (Figura 3). Estes retrataram o perfil 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.

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, 2002). Os principais indicadores foram: educação, estatísticas derivadas, participação política, pessoal ocupado, pessoal ocupado assalariado, resultados do universo, saúde e vida e risco de vida (Figura 3).

Os oito indicadores incluídos neste perfil foram utilizados buscando-se apresentar um resumo da situação social, da distribuição de renda e das condições de vida da população residente nas 35 sub-bacias hidrográficas e nos seus 73 municípios correspondentes.

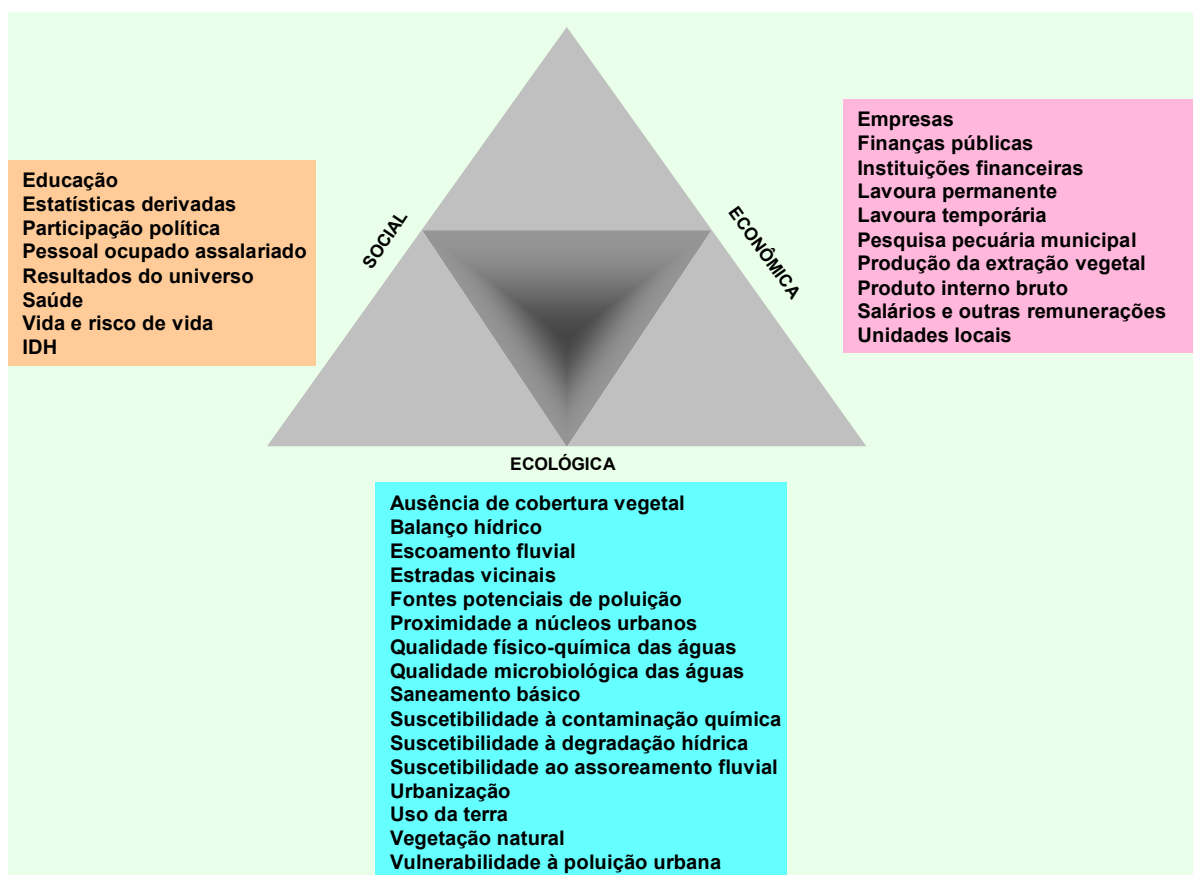


Figura 3. Relação dos perfis e indicadores utilizados nas análises multivariadas para a construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água na Região do Submédio do Rio São Francisco.

2.3. Análise Multivariada

Para aplicação dos métodos estatísticos, inicialmente foram construídas matrizes contendo nas colunas as diferentes variáveis correspondentes aos indicadores de cada perfil (Figura 3) 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 Bouroche e Saporta (1980) e Andrade (1989), obtidas a partir da equação:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{s_i}$$

em que:

x_i = valor da variável i ;

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

s_i = desvio padrão da variável i .

2.3.1. 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, denominados de "Fatores" ou "componentes principais" independentes, ou seja, ortogonais, de acordo com o seguinte modelo matemático (Andrade, 1989):

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{ik}F_k + e_i$$

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 F₁ são calculados de forma que o primeiro Fator F₁ explique a maior parcela da variação total das variáveis (X_i); o segundo Fator (F₂) explique a segunda maior parcela e, assim, sucessivamente (Bouroche e 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).

2.3.2. 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 agrupamento, sendo X_a e X_b as variáveis. A distância (d_(a,b)) pode ser representada pela expressão, segundo Bussad *et al.*, (1990):

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

Nestas análises foi utilizado o pacote Statistic Analysis System - SAS, (SAS, 2001), sendo que em vez de se utilizar o método de Análise de Componentes Principais (ACP), se utilizou o método Fatorial (Varimax rotacionado), uma vez 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 esse 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 que 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.

2.4. Fatores e Indicadores que Interferem na Qualidade da Água

Os indicadores, descritos neste documento, refletiram as situações e especificidades sócio-econômicas e ecológicas de cada sub-bacia hidrográfica da Região do Submédio do Rio São Francisco. A caracterização das sub-bacias buscou as relações diretas entre estes indicadores e fatores antrópicos, conforme apresentados nas Figura 4. A Figura demonstra como interagem os componentes antrópicos e naturais na qualidade das águas.

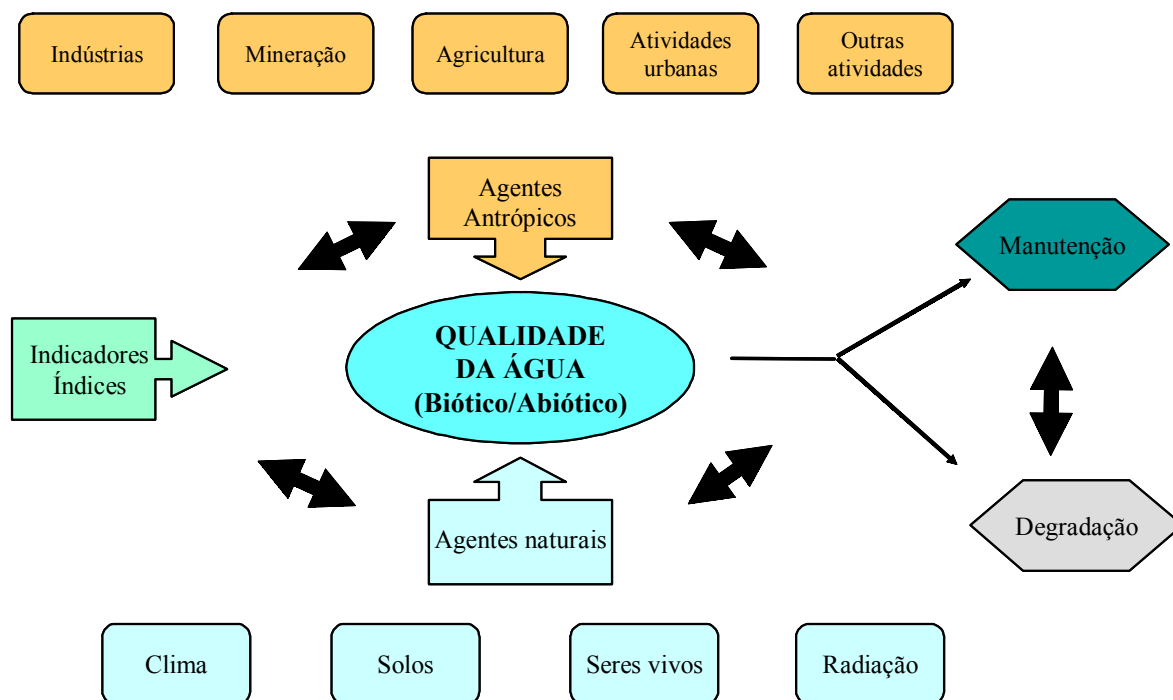


Figura 4. Fatores e indicadores que interferem na qualidade das águas.

3. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO

As bases de dados primários e secundários referentes a cada perfil avaliado tiveram distintas origens. O processamento do perfil social e econômico foi realizado com dados secundários originários do IBGE (IBGE, 2002). Já os dados primários, gerados pelo próprio subprojeto Ecovale, no período de 1998 a 2002, foram fundamentais para a geração dos indicadores ecológicos e, para ajustes e co-validação das informações obtidas nas análises do perfil social e econômico. Os distintos inventários que compuseram estas bases de dados foram:

- Inventário da qualidade ambiental das fontes de água, segundo norma ISO 14.001.
- Inventário das fontes 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 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), em campo.

As bases de dados referentes a cada dimensão foram homogeneizadas para um adequado cruzamento e integração com os planos cartográficos utilizados. 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 os 73 municípios que compõem a Região, já que essa 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 (Figura 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 processado 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 resultado 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 Geográfico - (SIG) foi desenvolvido conforme apresentado na Figura 5, onde encontram-se os principais planos de informação cartográfica, 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.
- Imagens LANDSAT (TM5 e TM7) - mosaico de 12 cenas originais (bandas 3, 4 e 5). Além de 62 imagens recortadas e corrigidas geometricamente, sobre as correspondentes cartas topográficas do IBGE.
- Mapa de ocupação do território.
- Mapa topográfico.
- 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, 2001).
- 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, 2002).

Para o processamento em SIG foram empregados diferentes programas sendo o ArcView3.2 e ArcMap 8.2 os programas básicos 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.

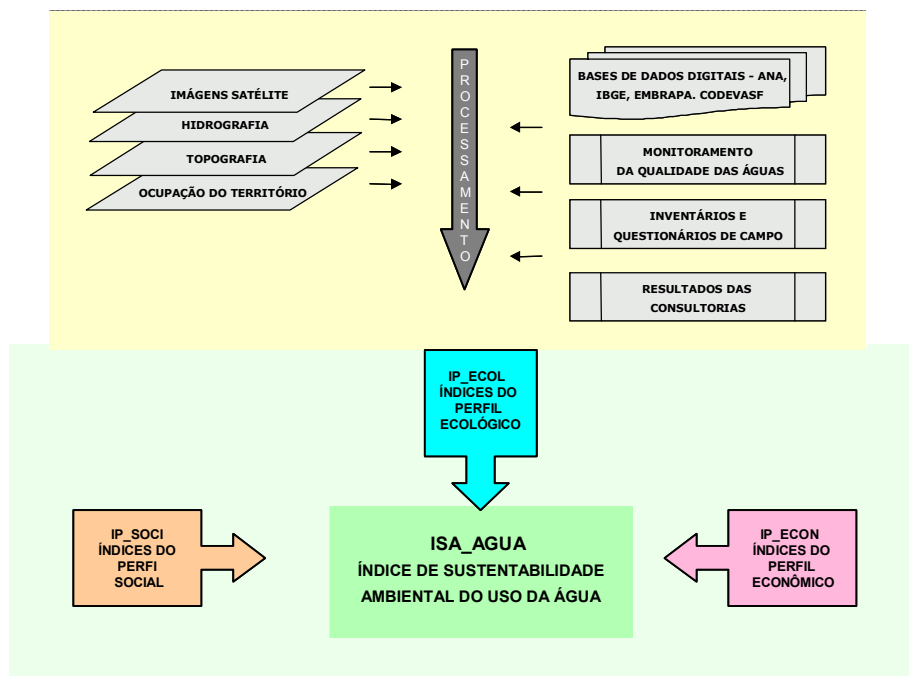


Figura 5. Esquema metodológico geral do tratamento da informação.

4. CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA

A classificação das sub-bacias hidrográficas feita pela análise discriminante foi essencial para a confecção dos Mapas Temáticos sobre os indicadores dos perfis social, econômico e ecológico, permitindo a obtenção de seus perfis (IP_SOCÍ, IP_ECOL, IP_ECON) e da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA_ÁGUA). Este último é o integrador dos demais perfis mencionados. 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.

4.1. Perfil Ecológico

Inicialmente, para a construção do perfil ecológico foram calculados vários índices como resultado dos dados primários coletados em campo. A seguir apresentam-se estes índices:

4.1.1. Índice de cobertura vegetal (ICV_SAT)

O Índice de Cobertura Vegetal (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. 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, é normalmente expressa numa escala entre 0 (zero) e 255, e obedece a relação de que quanto maior o valor mais densa e vigorosa será a biomassa vegetal presente.

É um índice muito útil para a avaliação da capacidade da sub-bacia em retardar o escoamento superficial, em reter os sedimentos e minimizar os efeitos da erosão laminar. É importante também, para o levantamento de remanescentes florestais e demais formações vegetais existentes nas sub-bacias.



Foto 2. Paisagem típica dos leitos dos rios secos do semi-árido nordestino.

Vale destacar que a região do Submédio do Rio São Francisco apresenta valores de IV bastante baixos, característicos de zonas de clima semi-árido (Foto 2).

Os valores originais médios do IV das sub-bacias foram escalados entre 0 e 1 e posteriormente submetidos às análises estatísticas para a geração do Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT), os quais foram agrupados 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).

A Figura 6, 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 vinda do sul e sudeste.

No extremo sudeste, existe um grupo compacto de sub-bacias ICV_SAT elevado (cor azul), 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). Como também na porção sudoeste, destacam-se as sub-bacias do Riacho Bazuá (27), Riacho do Morim (32), Alto Salitre (33) e Vereda da Canavieira (34).

A Figura 6, reúne as sub-bacias com alto valor de ICV_SAT (cor verde). Este grupo encontra-se mais fragmentado que a categoria anterior e suas sub-bacias estão situadas nos limites do Submédio, demonstrando alguma dependência do relevo, caso da Chapada do Araripe e as sub-bacias do Riacho da Brígida (1) e Médio Alto Pajeú (5); ou por influência de condições mesoclimáticas, caso da Barragem de Sobradinho e as 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, encontramos somente uma sub-bacia com valor baixo de ICV_SAT, a sub-bacia do Riacho Poção (35), representada em vermelho no mapa.

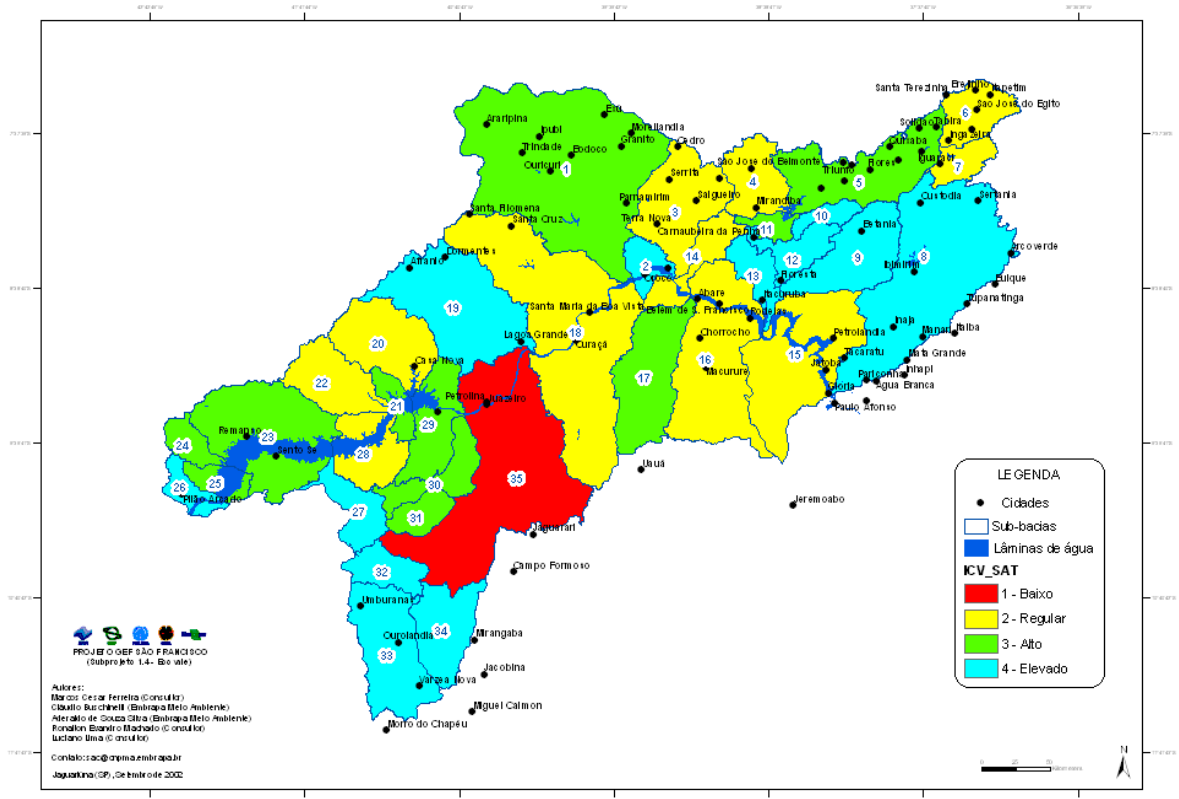


Figura 6. Índice de cobertura vegetal (ICV-SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do Rio São Francisco.

4.1.2. Índice de degradação ambiental 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.

Para a composição do IDS_SAT, foi utilizado um conjunto de variáveis que influíram na potencialidade dos processos erosivos. O Índice de Relevo, 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 Relevo (IRL) ao Índice de Escoamento Fluvial (IEF). O IEP é definido pela seguinte relação:

$$\text{IEP} = 100 \cdot \text{IEF} \cdot \text{IRL}$$

Este índice, calculado para cada sub-bacia originou por sua vez, o Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT) após o tratamento estatístico, sendo representado espacialmente na Figura 7. 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 são bem menos representativas em número, estando próximas da porção sudoeste do Submédio como as sub-bacias do Riacho Bazuá (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 com elevada suscetibilidade 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 Figura 7 confeccionou-se mapas hipsométricos de sub-bacias, respectivamente com alto, médio e baixos valores de Índice de Relevo 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 Relevo (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.

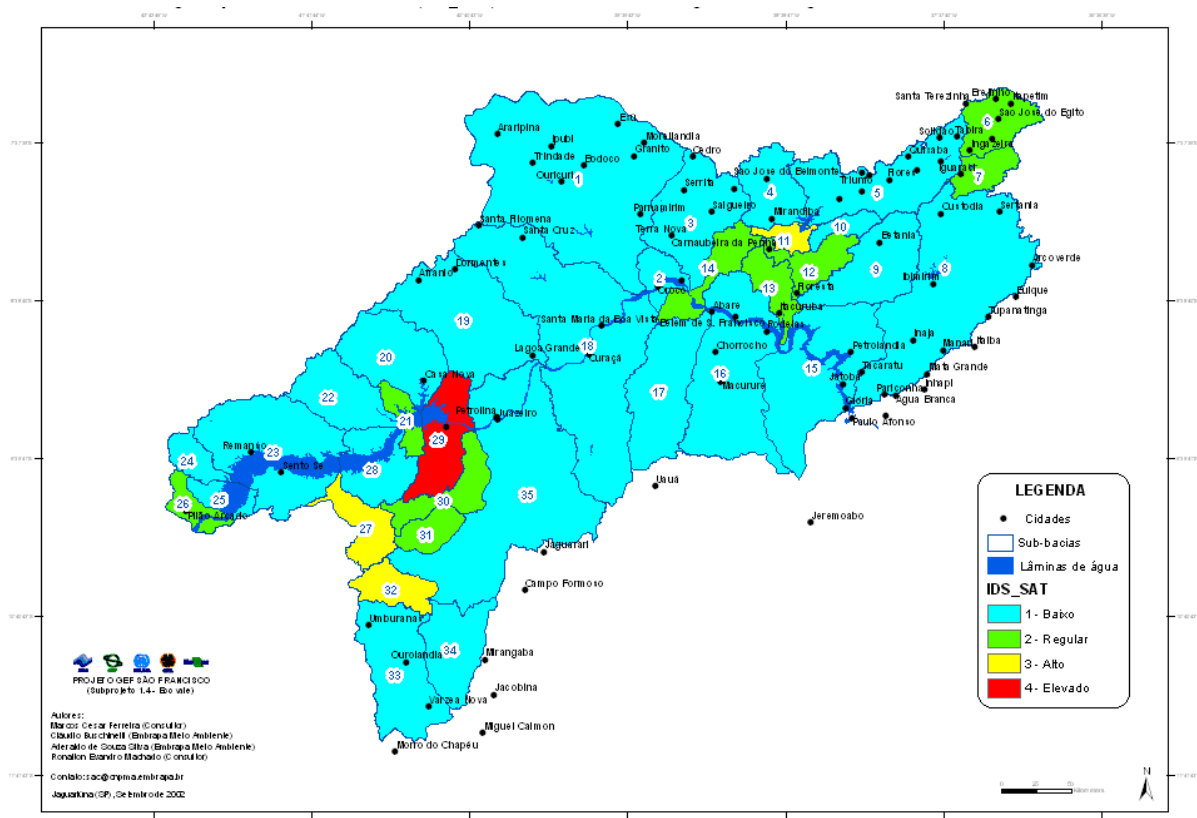


Figura 7. Índice de degradação potencial dos solos (IDS-SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do Rio São Francisco

4.1.3. 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.

$$IUB = (A_{ub}/A_b) \cdot 100$$

O Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT) apresentado na Figura 8 deriva do IUB após o tratamento estatístico, demonstrando o predomínio de sub-bacias com valores baixo (cor azul) e regular (cor verde) de adensamento urbano, já que sobressaem no mapa estas cores.



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), que mesmo concentrando grandes áreas urbanizadas como Petrolina e

Foto 3. Vista da cidade de Petrolina (PE) a partir da margem direita do rio São Francisco.

Juazeiro (Foto 3), pelo tamanho relativo da sub-bacia este adensamento é de certa forma diluído.

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) no extremo nordeste da região, a qual concentra um número relativamente grande de pequenas cidades em uma pequena porção territorial.

Na avaliação de vulnerabilidade a 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 impacto.

Tal índice pode revelar inclusive, a predisposição da sub-bacia em contribuir para a alteração do regime de cheias e interferir no consumo de estoque hídrico de vazante de sub-bacias maiores.

Em função das limitações climáticas que o meio impõe, 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 infiltração do 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 tropical e o semi-árido brasileiro.

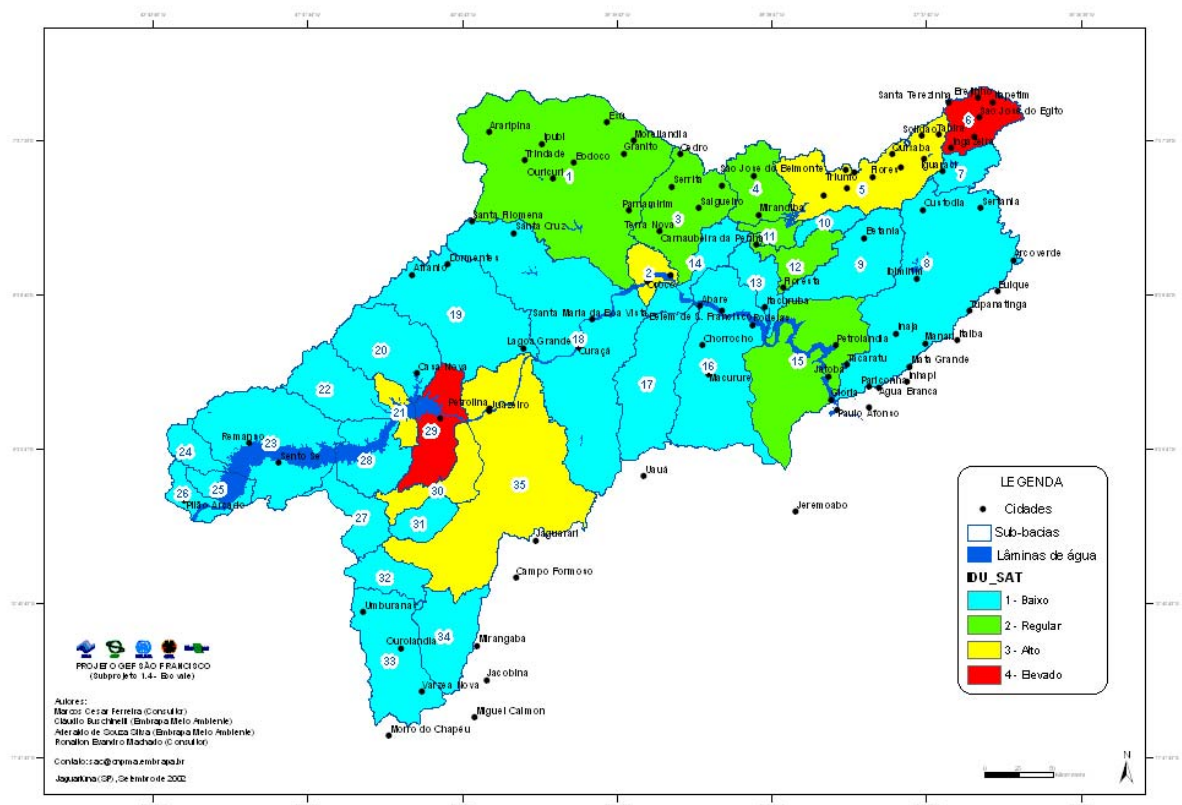


Figura 8. Índice de densidade urbana (IDU_SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do Rio São Francisco.

4.1.4. 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 a alterações na qualidade dos recursos hídricos superficiais do Submédio São Francisco. Tal índice é apresentado na Figura 9.

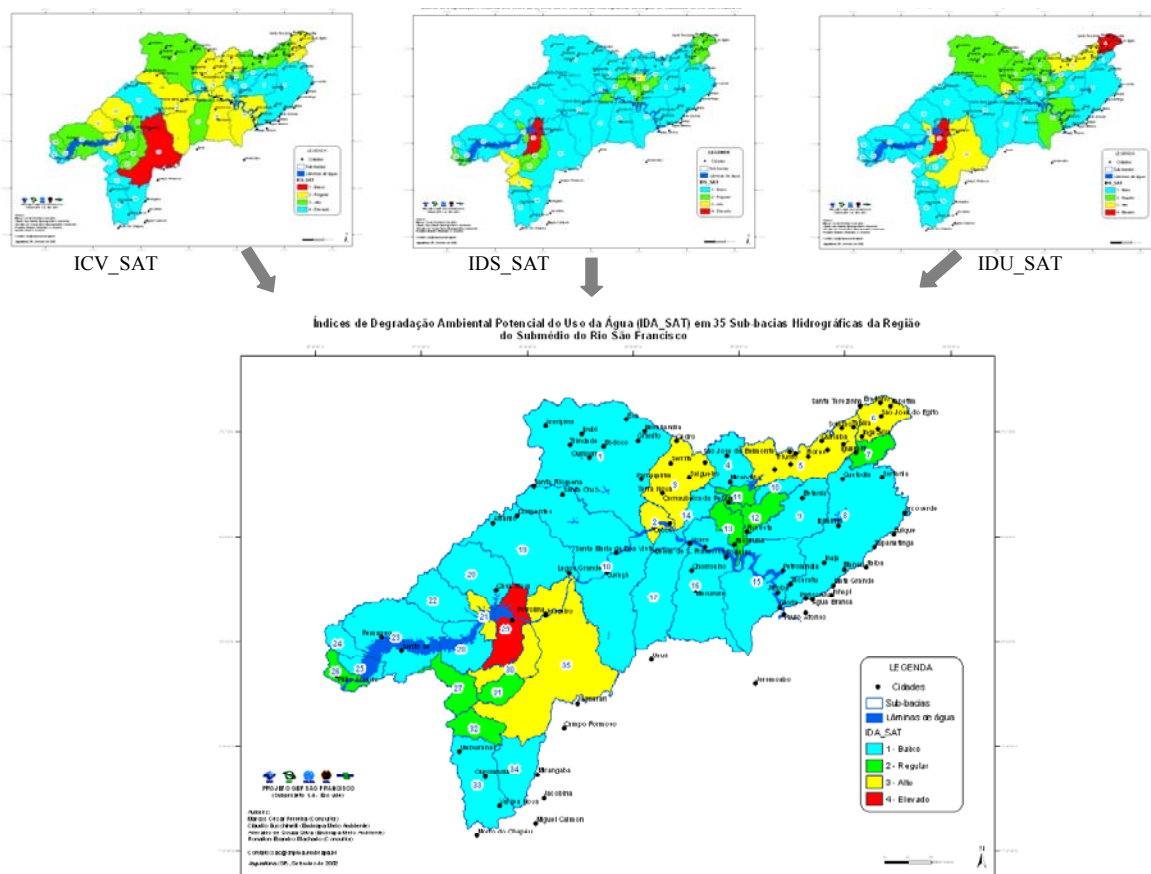


Figura 9. Índice de degradação ambiental potencial do uso da água (IDA_SAT) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do Rio São Francisco.

Após o tratamento estatístico, as sub-bacias hidrográficas foram re-classificadas em 4 categorias de IDA_SAT: baixo, regular, alto e elevado, para as cores azul, verde, amarela e vermelha, respectivamente. Essas categorias devem ser utilizadas como unidades de gestão e monitoramento ambiental, em um contexto global do Submédio São Francisco.

ZONA I - RISCO BAIXO: medidas em longo prazo

Esta unidade integra a maior parte da região, ocupando cerca de 88.000 km² ou 71% do território do Submédio, oferecendo ao mapa um predomínio da cor azul. 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) entre 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 a preservação da cobertura vegetal original, normalização da ocupação rural em encostas mais íngremes e programas de monitoramento da qualidade da água.

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

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

Com menor expressão geográfica, ocupando cerca de 9.230 km² ou 7% do território, esta unidade inclui oito sub-bacias representadas em verde no mapa. Estas, encontram-se concentradas em dois setores distintos, no extremo oeste encontramos as sub-bacias do Pilão Arcado (26), Riacho Bazuá (27), Rio Pacuí (31) e do Riacho do Morim (32); e na porção centro-leste da região, destacando as sub-bacias do Riacho da Posse (11), Médio Baixo Pajeú (12) e Baixo Pajeú (13).

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, dada à relativa vulnerabilidade apresentada pela capacidade de suporte das sub-bacias.

ZONA III - RISCO ALTO: medidas de médio prazo

Esta unidade, segunda em importância geográfica por ocupar 25.016 km² ou 20% da região, está representada na cor amarela no mapa. As sete sub-bacias desta categoria estão distribuídas por distintas zonas, sendo reconhecidas em três manchas compactas. A maior delas, reúne as sub-bacias do Riacho Poção (35) e do Baixo Salitre (30) na porção sudoeste, a segunda maior 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 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 possam colocar em risco 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.

Por configurar-se em área de transição entre as zonas de baixo e alto risco, essa unidade atua como zona de 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, não recomendáveis Figura 9.

ZONA IV - ELEVADO RISCO: medidas de 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, à jusante da maior concentração urbana da região, ocupa um local estratégico para as comunidades instaladas rio abaixo.

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 dos solos, uso e ocupação intensiva dos solos, lançamento de efluentes urbanos e industriais em áreas de mananciais, entre outras medidas corretivas.

Também são medidas urgentes recomendáveis: implantação de sistemas de monitoria da qualidade da água; adoção políticas de saúde pública e saneamento; projetos de educação ambiental. Essas medidas devem ser tomadas em um contexto global de gestão do território, envolvendo diversos atores e parcerias, envolvendo organismos internacionais, organizações não governamentais, órgãos governamentais federais ligados à saúde, meio ambiente e habitação.

4.1.5. Índice de qualidade ambiental do uso das águas superficiais (IQU_ASUP)

A água presente no ambiente está em constante movimento. Os processos de transporte de massa ocorrem na atmosfera, na terra e nos oceanos. Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações na qualidade. Isso ocorre em condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do ambiente, quando os recursos hídricos são influenciados pelo uso para o suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo, urbano e rural.

A ferramenta analítica principal utilizada para a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio São Francisco foi a sonda multiparâmetros com sensores específicos conforme apresentado na Quadro 1.

Quadro 1. Parâmetros avaliados por sondas multiparâmetros e suas respectivas unidades.

Parâmetro	Temperatura	Condutividade Específica	Sólidos Totais Dissolvidos	Salinidade.	Oxigenio Dissolvido	Profundidade	pH
Unidade	°C	uS/cm	g/L	g/L	mg/L	m	
Parâmetro	Potencial Redox	Ion Amonio	Amonia	Cloreto	Nitrato	Turbidez	Clorofila-a
Unidade	mV	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	ug/L

O mapa abaixo, Figura 10, mostra a localização georreferenciada de todos os pontos (2.136) de amostragem utilizados no inventário da qualidade das águas superficiais e subterrâneas do Submédio São Francisco. Os mananciais superficiais estão 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 que estão representados por círculos azuis, somando 103 pontos. Já as águas subterrâneas, que representam um total de 1.983 pontos, são ilustradas por triângulos laranjas. Em todos estes pontos foram levantados os parâmetros apresentados na Tabela 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). As fontes de poluição cadastradas pelo subprojeto estão representadas por diamantes amarelos.

Pode-se notar pelo mapa que existe uma boa cobertura territorial dos pontos amostrais, havendo uma maior concentração de coletas de amostras de água nos locais de elevado consumo e exploração do recurso natural.

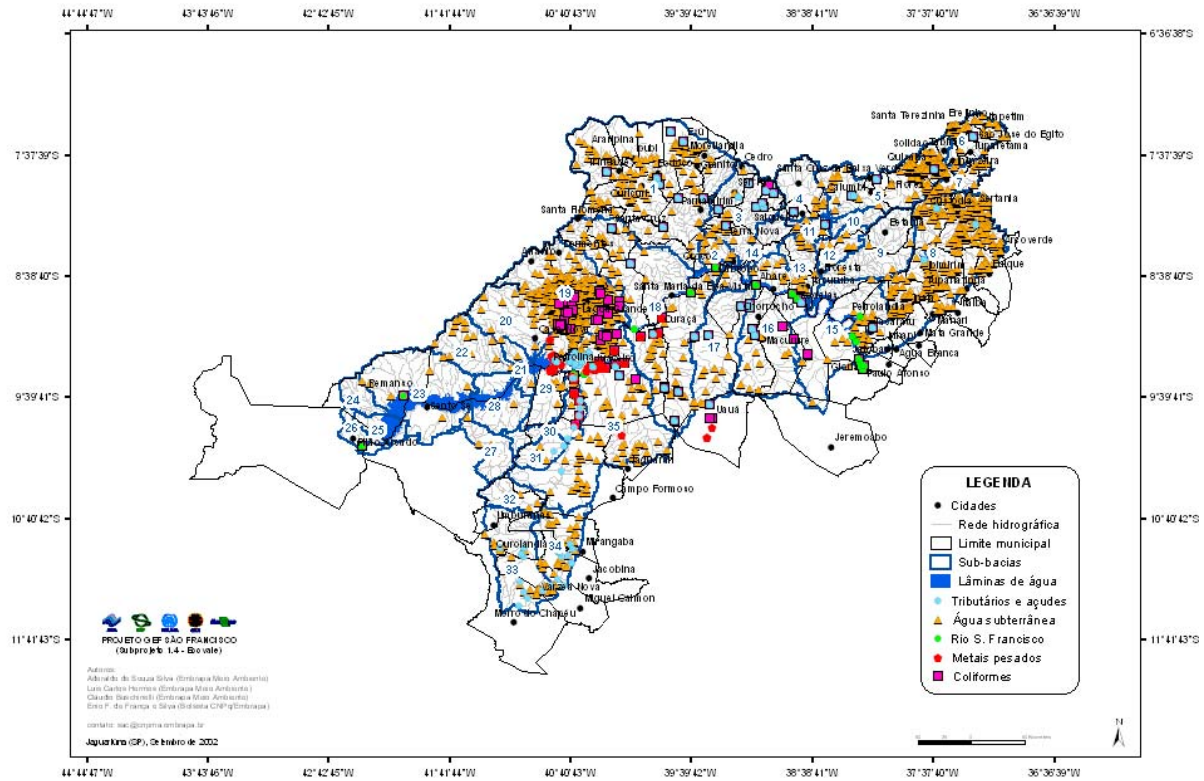


Figura 10. Localização georreferenciada dos pontos de amostragem, fontes de poluição e inventário das fontes de água da região do submédio do Rio São Francisco.

Dentro do universo de 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 o íon amônio. No Fator 2, estão a amônia, 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 a turbidez, clorofila A e nitrato.

Na Figura 11 são observados os teores de sais dissolvidos nas águas superficiais amostradas. Estes teores se apresentaram mais elevados fora da calha do rio. Esta é uma característica típica de corpos de água região semi-árida, onde os solos normalmente possuem teores elevados de sais. Estes 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, onde as áreas Riacho Barreira apresentam irrigação mais esparsas, voltando a aumentar na região de Petrolândia, na sub-bacia do Riacho Barreira.

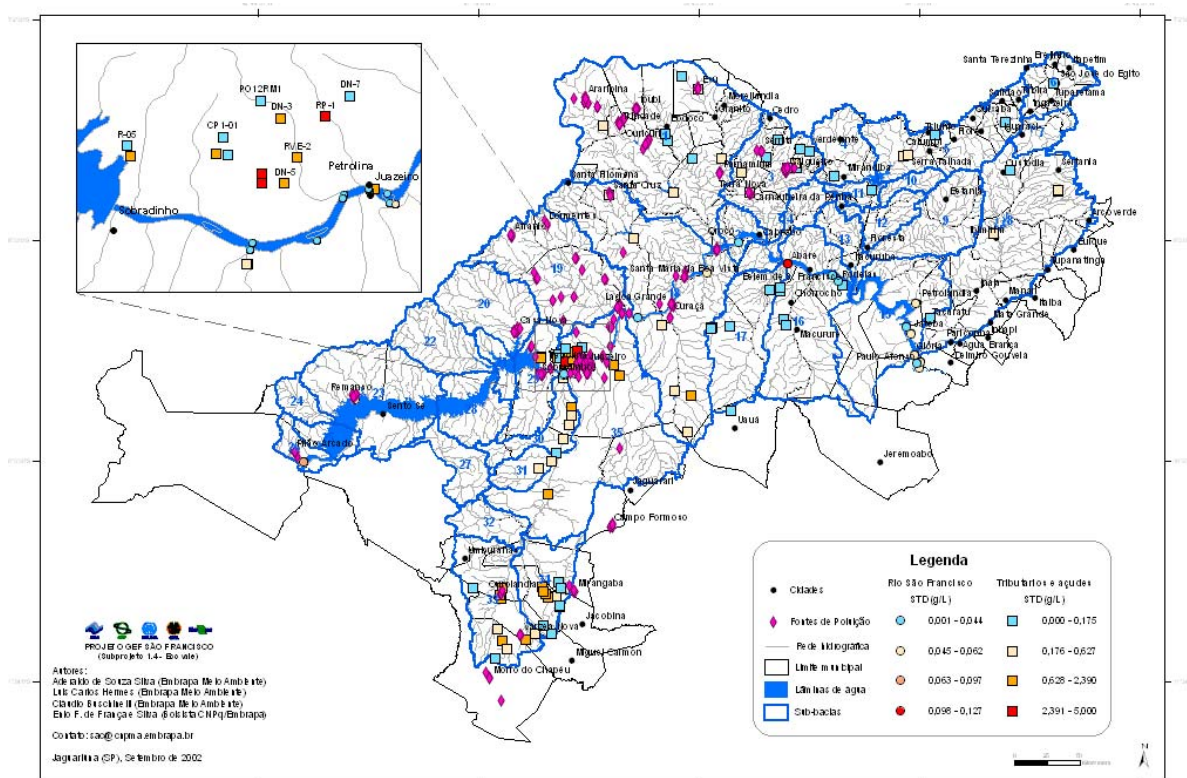


Figura 11. Qualidade das águas superficiais na região do Submédio São Francisco (análises de STD - Sólidos Totais Dissolvidos).

A Figura 12 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 na localidade de Petrolina.

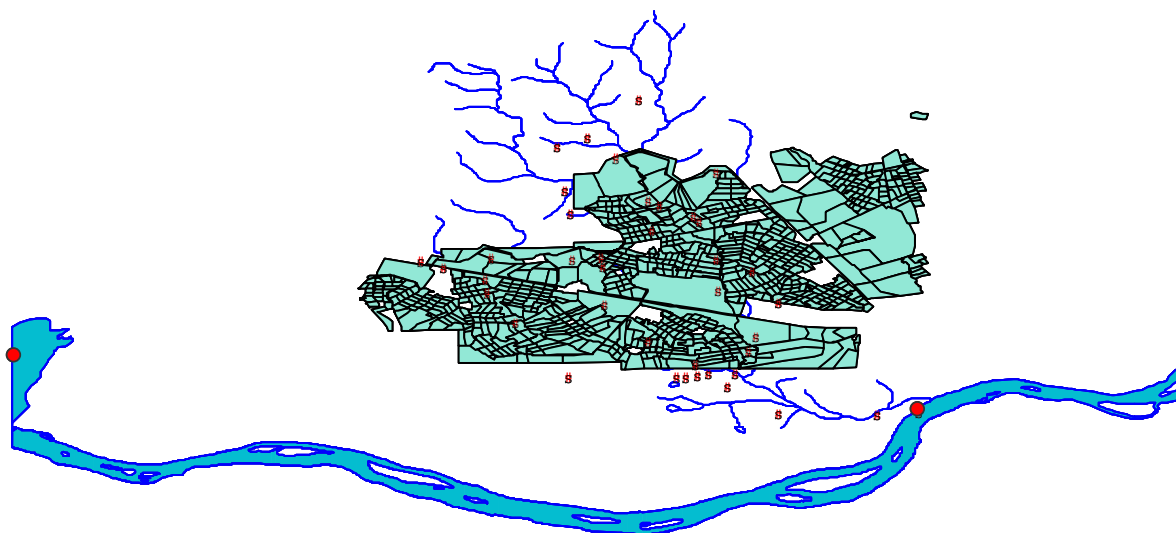


Figura 12. Perímetro irrigado na micro-bacia do Riacho Vitória. Petrolina/PE



Foto 4. Riacho Vitória tendo ao fundo os perímetros irrigados e o Rio São Francisco.

Por esta área passam canais de irrigação que alimentam os lotes de produção (Foto 4). Nestes canais, a concentração de sais esteve próxima ao 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 principalmente onde o manejo da água não está em equilíbrio com o sistema de produção ocorre um escape muito grande de sais podendo em alguns locais exceder a $5,0 \text{ g.L}^{-1}$.

O uso dessas águas, sob condições inadequadas de manejo, promovem uma gradativa salinização dos solos, principalmente ocasionados por problemas de drenagem, que provocam um aumento progressivo de áreas problemas no curso de drenagem natural das sub-bacias hidrográficas, notadamente no período das chuvas. Nesta época, estas águas são carregadas para o rio São Francisco interferindo no tratamento da água para consumo humano, ictiofauna, fauna e flora, normalmente ali 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, Ourolândia, Várzea Nova e Umburanas. Fora de sua área estão as sedes municipais de Morro do Chapéu, Jacobina, Miguel Calmon, Campo Formoso e Juazeiro.



Foto 5. Minadouro de água na sub-bacia do Salitre. Região de Ourolândia.



Foto 6. Trecho Perenizado do Salitre. Região de Ourolândia.

Nesta sub-bacia predominam rochas do grupo Bambuí e Chapada Diamantina, seguido 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 desaparece e volta a aparecer em outro local (Foto 5, 6 e 7).

É uma região com muitos conflitos em relação ao uso e “propriedade” da água. Onde o rio ressurge, as águas são barradas beneficiando apenas o proprietário da terra. À jusante, as comunidades dependem da água empoçada pela chuva. Em outros locais, a vazão é diminuída para aumentar o volume e facilitar o bombeamento para áreas

irrigadas. É uma situação comum na região de Junco e Campo dos Cavalos, localizadas na área de transição das sub-bacias do Baixo Salitre (30) e sudoeste da sub-bacia do riacho Poção (35).



Foto 7. Leito seco do Salitre. Região de Várzea Nova.

As principais fontes de pressão na bacia são agricultura e mineração. Problemas de saneamento são mais presentes nos distritos, uma vez que as sedes estão na sua maioria localizadas fora da bacia. É o que acontece no Baixo Salitre onde as águas são, eventualmente, bombeadas do rio São Francisco.

A região do Alto Salitre onde estão localizados os municípios de Morro do Chapéu, Mirangaba, Orolândia e Várzea Nova, apresentaram uma maior dispersão das fontes de água com variações em seus 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 $0,48 \text{ g L}^{-1}$ de sais dissolvidos (equivalente a $0,70 \text{ d S m}^{-1}$). 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 (Foto 8) a $1,87 \text{ g L}^{-1}$ na água coletada em um lago, localizado a montante de uma área utilizada para irrigação. 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 (Foto 9).

A região norte da sub-bacia onde se localizam os municípios de Ouricuri, Araripina, Trindade Ipubí, entre outros, é uma região de produção de gesso. Nestas áreas ocorre grande dissipação atmosférica de pó de gesso o que pode contribuir, junto às características do solo, para que as águas superficiais apresentem um maior teor de sais dissolvidos em concentrações limites ao consumo humano de



Foto 8. Poços jorrantes em Caatinga do Moura.



Foto 9. Área de Irrigação em Caatinga do Moura.

$0,5 \text{ g L}^{-1}$ (CONAMA).

No sudeste, a partir dos municípios de Curaçá, Verdejante, Macururê, a qualidade das águas superficiais de açudes e tributários apresentaram uma tendência de melhora com apenas alguns pontos excedendo $0,175 \text{ g L}^{-1}$ de sais dissolvidos.

Na calha do rio São Francisco também ocorrem 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 extremo sudeste, no município de Paulo Afonso, os valores médios encontrados foram de

0,042g L⁻¹. Os valores mínimos foram distribuídos pela maioria dos pontos da calha do rio, mas os valores mais significativos foram encontrados nas margens do rio.

No extremo oeste, distrito de Passagem, município de Pilão Arcado os sais foram detectados em concentrações de 0,70g L⁻¹. Mais ao centro, à jusante da cidade de Petrolina e Juazeiro, os valores foram respectivamente 0,200 e 0,120g L⁻¹. Estes apresentaram estabilidade a partir de Lagoa Grande.

No sentido leste, a jusante de Abaré ocorreu novo incremento nestes valores, chegando a 0,105g L⁻¹. No extremo sudeste, a partir 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 (0,173g L⁻¹ STD).

Interessante observar que para alguns pontos de maiores valores de sais na água também corresponde aos menores valores de Oxigênio Dissolvido (OD) indicando também 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 contribuiu dificultou 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 liofilizado possibilitando a avaliação quantitativa sem necessidade de laboratório especializado. Isto possibilita atender a toda a região o que pode influir inclusive no quadro final da distribuição qualitativa das Sub-bacias mostrada na Figura 13.

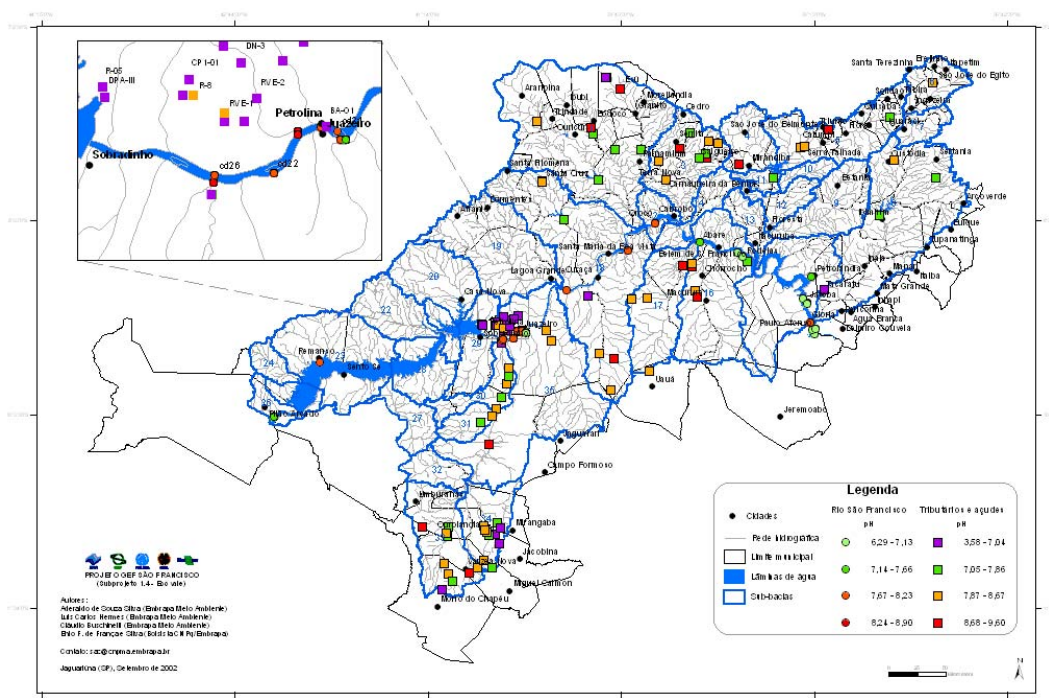


Figura 13. Qualidade das águas superficiais na Região do Submédio do São Francisco, Análises de pH.

Na calha do rio os valores de pH ficaram entre 6,95 e 8,90, com média de 7,95, não apresentaram variações significativas, apesar destes valores estarem em escala logarítmica de 10. Assim, pequenas variações podem ser muito expressivas em fatores de estabelecimento de impactos.

Variações constantes de pH em corpos de água são indicadores de desequilíbrios da carga iônica em que o sistema natural de tamponamento (buffer) não está em funcionamento. As variações do pH também interferem no uso em 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 elevadas favorecem a transformação do íon amônio (NH_4^+) para a amônia total, a qual em baixas concentrações é letal para peixes. Este fato explicou algumas ocorrências de mortandade de alevinos em estações de piscicultura na região.

Na região do Submédio, foi observado a partir da barragem de Sobradinho, valores diferenciados de pH entre as margens direita e esquerda do rio. 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 7,70 e 8,0. Esta tendência foi observada até a montante do perímetro irrigado de Bebedouro, ainda no município de Petrolina.

Fora da calha do rio 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.



Foto 10. Sumidouro de Barragem no Alto Salitre.

Em outros casos, principalmente em barragens novas onde ainda permanece uma produção intensa de material verde, os valores foram superiores a 9,0. Em outros locais estes valores estiveram abaixo de 5,0 como no caso de alguns pontos no Alto Salitre, em que as águas apresentaram cor característica (Foto 10) da indicação de presença de ácidos, produtos da decomposição da matéria orgânica.

As análises das águas superficiais, obedecendo o critério de sua distribuição espacial, mostraram diferenças significativas de acordo com os fatores agrupados. Na Figura 14 observa-se a

distribuição da qualidade das águas superficiais nas suas respectivas sub-bacias hidrográficas. As cores azul, verde, amarela e vermelha representam áreas de fontes de água com elevada, alta, regular baixa qualidade de águas.

Dos 73 municípios localizados no Submédio do rio São Francisco, 56,16 % estão dentro da faixa de qualidade boa de água, 28,77 % estão na faixa verde e 15 % estão em áreas mais críticas. Os municípios de Petrolina, Araripina e Macurure estão localizados na área vermelha.

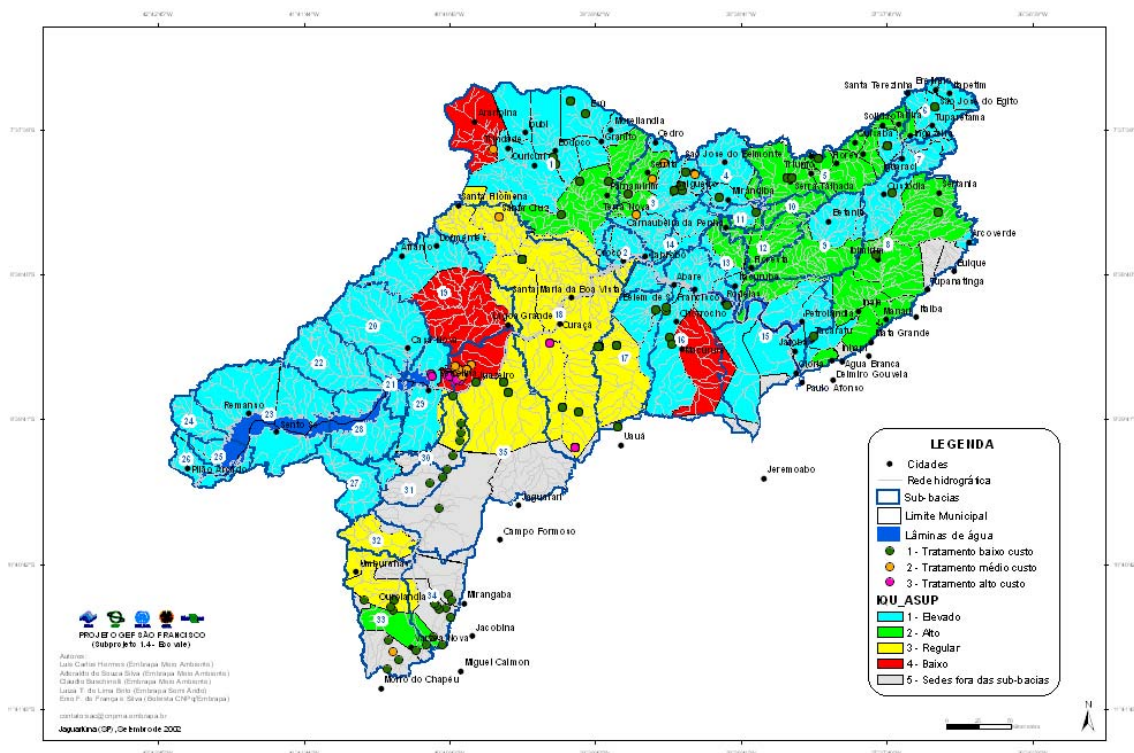


Figura 14. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Superficiais (IQU-SUP) dos municípios em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco

Também na Figura 14 observa-se a distribuição dos pontos onde foram realizadas as análises obedecendo aos agrupamentos citados. Em áreas de drenagem de 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 seu tratamento seja um pouco elevado, principalmente para áreas cujas comunidades são mais isoladas e carentes. Nos pontos verdes, o tratamento pode ser mais simplificado sendo o processo de fervura e cloração da água os mais indicados, tendo como reforço a filtração.

4.1.5. Índice de qualidade ambiental do uso das águas subterrâneas (IQU_ASUB)

As águas subterrâneas são formadas principalmente pelas águas de origem meteorológicas, que infiltram pelos poros dos solos e rochas, fissuras e ou fendas intercomunicantes das camadas rochosas. Sua composição está na dependência de fatores naturais – geológicos, topográficos, meteorológicos, 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 é considerada salobra (água que contém mais de 0,5 e menos de 30 gramas por litro de sais dissolvidos). Na

região do Submédio esta distribuição não foi apresentada de forma diferente, como pode ser visualizada na Figura 15.

As medições da qualidade das águas subterrâneas foram realizadas com sondas multiparâmetros, sendo apontadas pela análise multivariada as variáveis sólidos totais dissolvidos e salinidade como as mais significativas para caracterização das águas subterrâneas. A análise de “Cluster” classificou em quatro condições esta qualidade, 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 0,42g L⁻¹ de sal, o que as classifica como águas doces, pela resolução do CONAMA (em sentido lato “água-doce” significa sistemas aquáticos continentais tais como rios e lagos e, tecnicamente, designa águas com menos de 0,5g L⁻¹ de sais minerais dissolvidos na água).

As demais regiões do Submédio 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 2,0g 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 em melhorar a qualidade das águas para consumo humano, priorizando a distribuição de ferramentas como os dessalinizadores.

A Figura 15 também demonstra a distribuição dos poços avaliados quanto ao grau de sais dissolvidos e ranqueados quanto a possibilidade de serem instalados dessalinizadores. Estes equipamentos possibilitariam elevar o grau de qualidade das águas para concentrações de sais inferiores a 0,5g L⁻¹ (água doce), considerando uma eficiência de dessalinização de 50%.

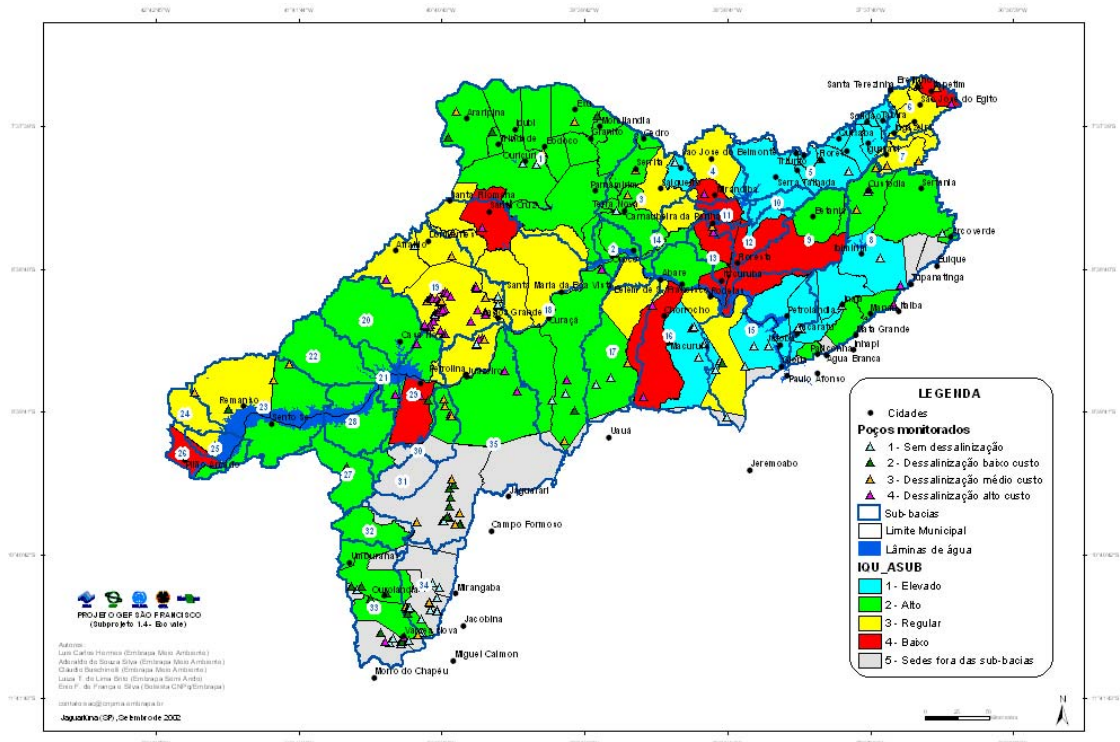


Figura 15. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas (IQU-SUB) dos municípios em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.

4.1.6. Índice de carga de agrotóxicos da fruticultura irrigada (ICA_FRUT)

A contaminação pode resultar de fontes potenciais e fontes 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 fruticultura 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 uma fonte pontual, a semelhança da emissão de efluentes de um curtume, pode ser retirada, tratada ou controlada.

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

As grandes fontes pontuais de poluição das águas naturais originam-se das descargas de efluentes doméstico e industrial ou de certas atividades como a pecuária. Outras atividades agrícolas com a aplicação de agroquímicos são consideradas como fontes difusas. A deposição atmosférica do poluente também causa poluição difusa na água.

Na Figura 16 pode-se observar a representação espacial do Índice de Carga dos Agrotóxicos aplicados na fruticultura irrigada para cada sub-bacia hidrográfica da região do Submédio do rio São Francisco.

O Índice de Carga de Agrotóxicos (ICA_FRUT), foi composto de acordo com o grau de toxicidade dos produtos usados e da dosagem aplicada do princípio ativo para os principais cultivos da região.

Considerando as informações coletadas em 403 propriedades com fruticultura irrigada e os produtos potencialmente contaminantes, construiu-se uma base com os seguintes dados: produtos utilizados, frequência de aplicação por ano e quantidades aplicadas por hectare, determinando-se 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 1.

$$CPD = QDA * FAD * IT \quad (1)$$

em que,

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

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

FA = Frequência de aplicação;

IT = Índice de toxidez do produto (adimensional).

A carga total de agrotóxicos (CTD) 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 de 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 16 que ilustra classificatoriamente o ICA_FRUT. Foram ordenados conforme índices que variam de 0 até 1, atribuindo-se uma cor variando do verde escuro (menor carga) ao vermelho intenso (maior carga), correspondendo de forma crescente na possibilidade dos agrotóxicos aplicados causarem impacto à água.

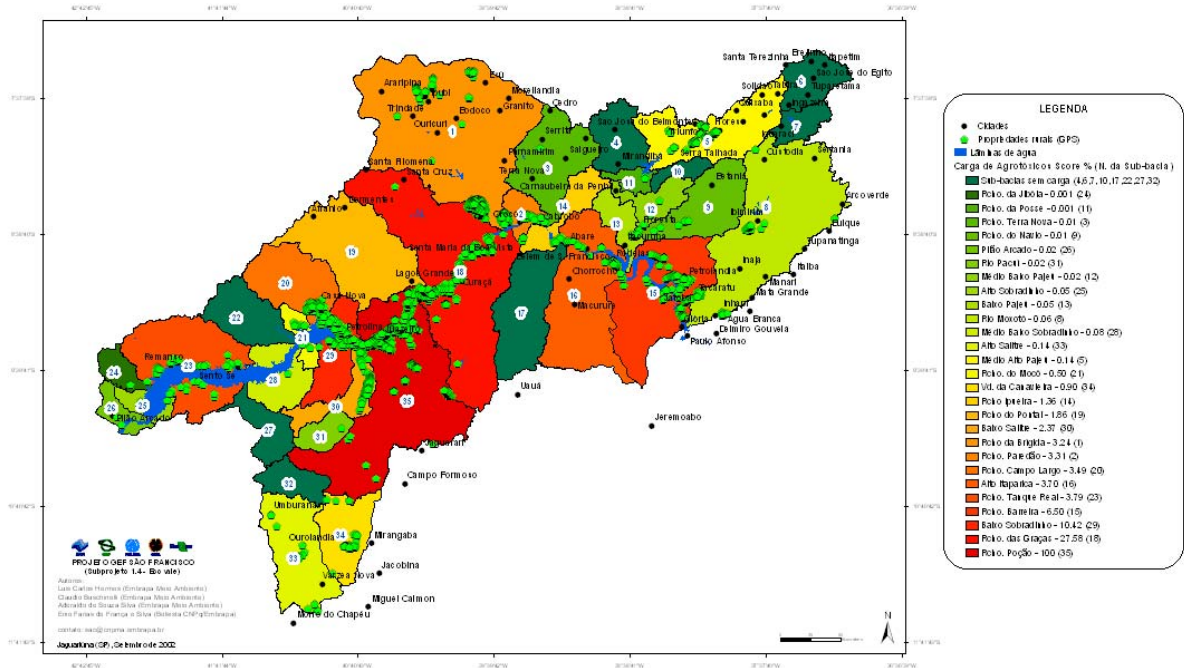


Figura 16. Índice da carga de agrotóxicos (ICA_FRUT) da fruticultura irrigada em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.

Nos pontos representados por pentágonos verdes foram localizadas as propriedades rurais georreferenciadas e cadastradas pela CODEVASF (2001). Observa-se grande concentração das 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). Estas formaram uma mancha compacta de tons vermelho 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 subterrânea, 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 16, são destacadas as sub-bacias do Riacho da Brígida (1), Riacho Paredão (2), Alto Itaparica (16) e Riacho Barreira (15).

4.1.7. Índice do déficit hídrico (IDE_BHID)

A zona semi-árida inserida no nordeste brasileiro situa-se na parte mais oriental do continente sul-americano. Integram essa zona cerca de 900 municípios, com população de aproximadamente 17 milhões de habitantes. A bacia hidrográfica do rio São Francisco tem ao redor de 503 municípios e 14 milhões de habitantes. Enquanto a região estudada tem cerca de 73 municípios e 3 milhões habitantes.

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 do rio São Francisco e semi-árido úmido na região do Baixo São Francisco.

Na região do Submédio do rio 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 de baixa produtividade. A região apresenta as seguintes características geoambientais: pluviosidade baixa e irregular, em torno de 750mm 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 elevadas de evapotranspiração e balanço hídrico negativo durante parte do ano. A umidade relativa média anual é de 60%. A insolação é muito forte ($2800\text{horas ano}^{-1}$) ocorrendo máxima luminosidade no mês de outubro, entre Pilão Arcado (BA) e Petrolândia (PE). A evaporação é cerca de 2900mm ano^{-1} e a velocidade média do vento é de 3m s^{-1} com direção predominante sudeste.

Os solos são oriundos de rochas cristalinas, predominantemente rasos, pouco permeáveis, sujeitos a erosão e de razoável fertilidade natural. Predomina a vegetação de caatinga, que abrange cerca de 100mil km^2 .

Na análise do balanço hídrico do Submédio do rio 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.

Através de um modelo de regressão linear múltipla foram analisados todos os parâmetros que fazem parte dos cálculos do balanço hídrico. A Figura 17 apresenta os Índice do Déficit Hídrico (IDE_BHID) para as 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco, obtidos em função dos resultados das análises de agrupamento (Cluster analysis).

Para efeito de mapeamento, convencionou-se a cor azul para os locais com baixo IDE_BHID, cor verde para os locais com valores regulares, cor amarelo para os locais com valores altos e a cor vermelha para os locais valores elevados. Observa-se na Figura 17 a predominância de locais com elevados IDE_BHID.

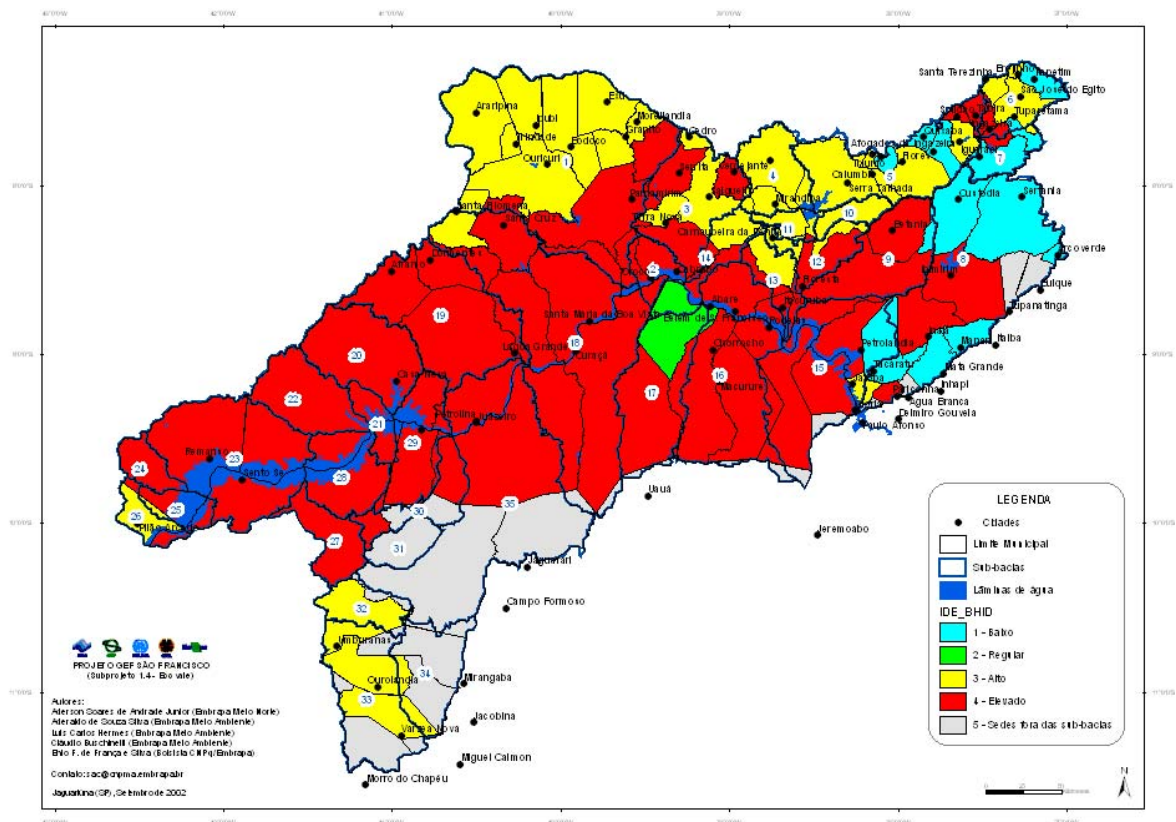


Figura 17. Índice de déficit hídrico (IDE_BHID) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do Rio São Francisco.

4.1.8. 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 (MMA, 2000), para ser feita a comparação entre os impactos ambientais que vêm acontecendo nos municípios da bacia do Submédio São Francisco e o cumprimento da legislação ambiental nestes municípios.

O resultado de tal levantamento mostrou que em relação aos serviços públicos municipais (esgotamento sanitário e disposição final de resíduos sólidos), nenhum município da Bacia cumpre integralmente a legislação ambiental vigente.

Das atividades industriais desenvolvidas na 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 14001, cumprimento da legislação ambiental, as instalações públicas e privadas da bacia não estão de acordo com a norma.

A Figura 18 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.

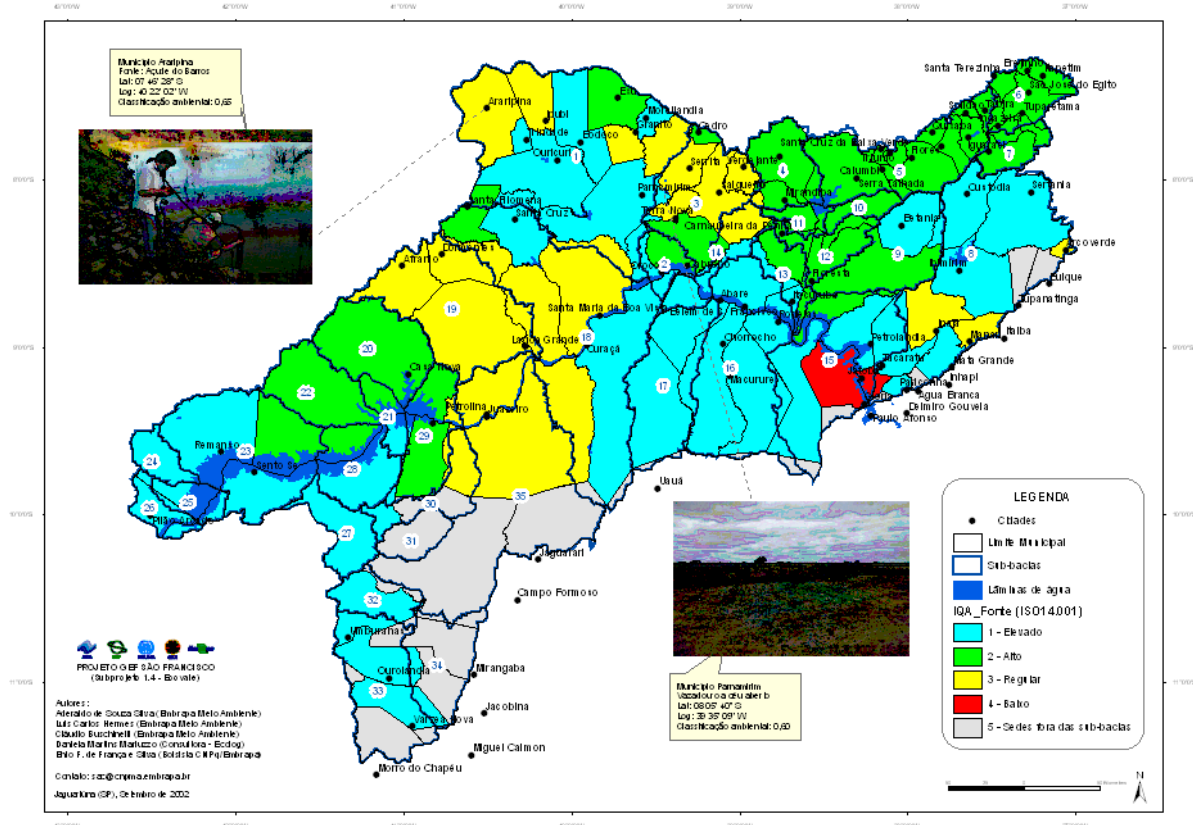


Figura 18. Índice da qualidade ambiental das fontes de água (IQA_FONTE) dos municípios em 35 sub-bacias hidrográficas da região do submédio do Rio São Francisco, de acordo com a Norma ISO 14.001.

- **Análise das cargas poluentes potenciais**

Partindo das informações obtidas junto aos órgãos oficiais (IBGE, ANP e FIEP's), foram levantados estabelecimentos existentes na bacia e esses foram listados em uma matriz de diagnóstico ambiental, na qual cada um foi qualificado de acordo com os parâmetros estabelecidos na metodologia da CETESB.

A distribuição dos dados alcançados mostrou que 89,2% dos municípios das 35 sub-bacias hidrográficas do Submédio do rio São Francisco, possuem um total de cargas poluidoras no intervalo de 3,7 a 20,0, sendo a maior concentração (40%) apresentando 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).

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

Os impactos ambientais, causados pelas instalações rurais presentes na bacia, foram levantados através de dados primários obtidos com a pesquisa de campo (1.161 fontes de água), bem como por meio de dados *in loco* obtidos por pesquisa realizada pela CODEVASF, para elaboração do Cadastro da Fruticultura Irrigada.

Para cada fonte foi analisada a 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, para igual número de fontes de água cadastradas. Também foi realizada uma pesquisa específica sobre as fontes potenciais de poluição para todos municípios estudados (Foto 11).



Foto 11. Avaliação ambiental georreferenciado do destino do lixo no município de Casa Nova (BA) e sua respectiva classificação ambiental.

Do total de fontes cadastradas, 87,8% encontram-se em área rural, fator esse que permitiu uma análise do perfil das propriedades rurais (31,96% das fontes cadastradas) e das residências rurais (55,81% das fontes cadastradas). Os dados foram tratados estatisticamente por análise multivariada e foram introduzidos no banco de dados para a construção do perfil ecológico da região (Figura 19).

A classificação obtida para as 1.161 fontes de água cadastradas consideraram 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 foram classificadas com valores entre 0,57 e 0,76.

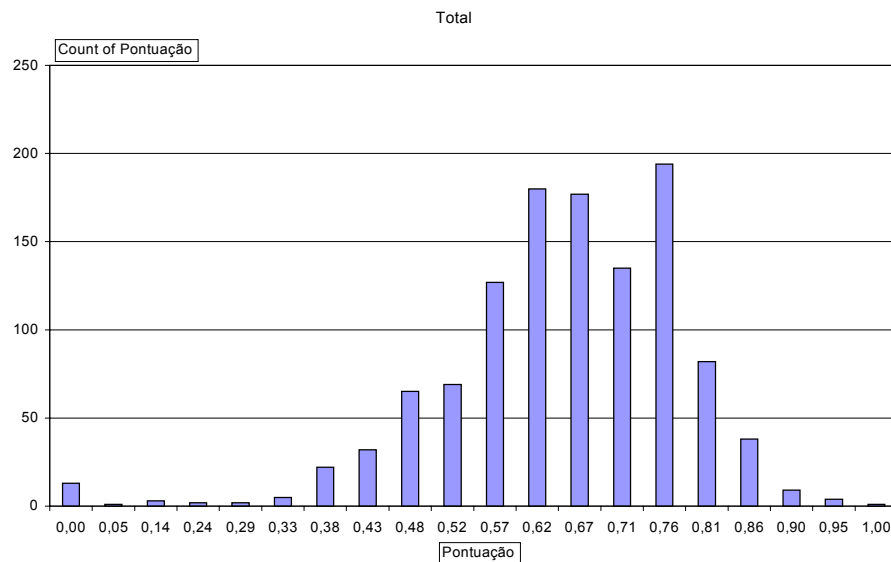


Figura 19. Distribuição da pontuação das fontes de água superficiais e profundas em relação aos requisitos da norma ISO 14001

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

Fontes de água

- Das fontes de água cadastradas, 87,8% encontram-se em área rural;
- Nessas instalações rurais, 51,1% do lixo gerado por trabalhadores e moradores é jogado diretamente no meio ambiente e 33,4% é queimado;
- A destinação final dos efluentes dos banheiros e de água de lavagem, são respectivamente 66,8% e 77% descartados no meio ambiente diretamente, a céu aberto;
- 53,8% dos estabelecimentos e residências rurais não tratam a água previamente ao consumo;
- 82,1% dos estabelecimentos utilizam algum tipo de produto químico;
- 69,7% das doenças estão relacionadas à febre, gripe e dengue; seguido por 19,1% das doenças relacionadas 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



Foto 12. Fábrica de gesso visitada no município de Araripina (PE) e sua respectiva classificação ambiental.

- Nenhuma instalação industrial possui licença ambiental para funcionamento (Foto 12);
- 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 como fosfatos, nitratos, 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 sua maioria (42,1%), a céu aberto (sem estar encanados) diretamente no solo, 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 diretamente no meio ambiente;
- 70,3% das instalações visitadas não fazem nenhum tipo de filtração dos gases que são emitidos na atmosfera;
- 51,7% das fontes potenciais de poluição cadastradas descarta o seu lixo diretamente no meio ambiente e 46,2% das fontes destinam seu lixo no sistema de coleta da prefeitura;
- Quanto aos resíduos sólidos perigosos, 51,7% das empresas destinam esse material no meio ambiente diretamente e 42,8% destinam para a coleta da prefeitura (que não é especial para resíduos perigosos), sendo a destinação final o lixão.

4.3. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL)

O perfil ecológico do Submédio São Francisco foi composto por 16 indicadores caracterizados por 100 variáveis. Através da análise fatorial estas variáveis foram agrupadas em quatro grandes grupos denominados Fatores:

- 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.

A carga fatorial cumulativa destes quatro fatores foi de 45,83.



Foto 13. Escoamento dos resíduos proveniente do abatedouro no município de Casa Nova(PE).

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 está baseada na análise de Cluster das principais variáveis consideradas para a caracterização da condição ecológica de cada um dos

municípios com relação a esta condição estabelecida para a região. Atribui-se a elas o Índice 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 (Foto 13), decorrente das atividades dos setores produtivos primário, secundário e dos serviços públicos, foi considerada como a causa fundamental do problema que retrata o uso não sustentável da água, segundo o Perfil Ecológico no Submédio São Francisco (Quadro 2 e Figura 20).

Quadro 2. Hierarquização de 73 municípios localizados em 35 Sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL), na região do Submédio, Brasil.

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

Continuação do Quadro 2. Hierarquização de 73 municípios localizados em 35 Sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL), na região do Submédio, Brasil.

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	IP_ECOL
53	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718,801	9032318,198	4	1,930	0,0193
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	Ourolândia	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

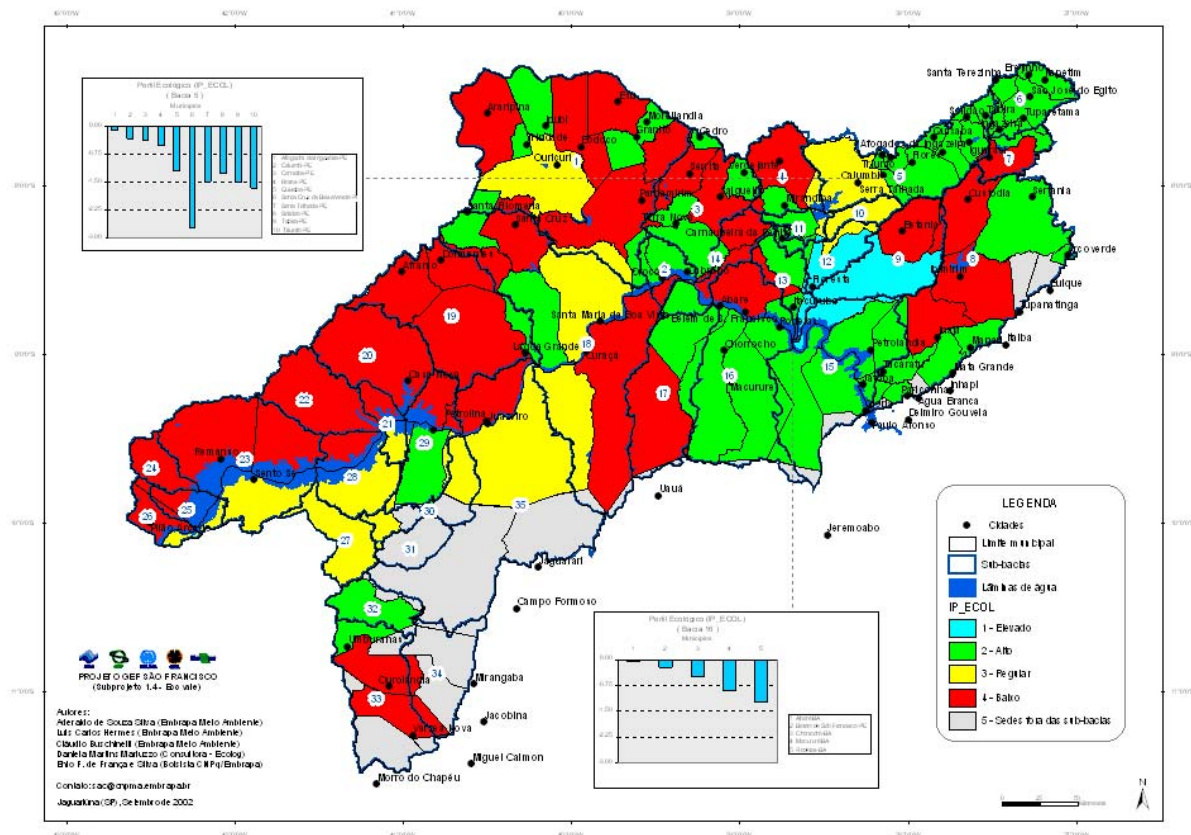


Figura 20. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.

O Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL), elevado, em cor azul, foi atribuído ao município de Floresta isoladamente. Floresta caracteriza-se por um Índice de cobertura vegetal elevado, de concentração urbana baixo e por um Índice de qualidade de água alto, o que favorece muito esta classificação, do IP_ECOL elevado com relação à Região do Sub-Médio São Francisco.

Com IP_ECOL alto (em verde), foram classificados 44 municípios, associado à ocupação do solo de forma menos intensa que os maiores municípios analisados, o que 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, diferenciam-se dos demais municípios da Região com relação à estrutura urbana e rural para o desenvolvimento das atividades produtivas, assim 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 de agrotóxicos na área rural.
- Concentração fundiária.
- Desequilíbrio no balanço hídrico regional.
- Atividades impactantes de mineração.
- Geração de resíduos químicos provenientes dos usos agrícola e doméstico.

4.3. Índice do Perfil Econômico (IP_Econ)



Foto 14. Destaque a fruticultura irrigada da região do Submédio São Francisco onde o uso de “Boas Práticas Agrícolas” é preponderante na redução de impactos ambientais negativos. Neste sentido se destaca o Sistema de Produção Integrada (PIF), em implantação nesta região.

O perfil econômico do Submédio São Francisco foi elaborado com 229 variáveis, agrupadas em dez indicadores. Estas variáveis foram agrupadas através da análise fatorial, resultando em quatro grupos denominados Fatores.

- O fator 1 – Gastos Públicos em Infraestrutura, com 56,1% da carga fatorial total. As variáveis que distinguem os municípios neste Fator são caracterizadas pelos efeitos decorrentes dos investimentos em saúde e saneamento, capacidade de arrecadar tributos municipais e capacidade de endividamento

municipal, sistema de produção agrícola estruturado e estrutura privilegiada de captação de receitas.

- Fator 2 - Agricultura Irrigada, com 26,8% da carga fatorial total. As variáveis principais referem-se às lavouras permanentes e temporárias, especialmente coco da baía, maracujá, manga e cana-de-açúcar.
- Fator 3 - Outras Culturas de Comercialização Sazonal (9,4% da carga fatorial total). Novamente o indicador lavoura temporária seleciona os municípios da Região, representadas pelas culturas de feijão, milho e mandioca, o que evidencia a agricultura de subsistência.
- Fator 4 - Agricultura de Sequeiro (com 7,6% da carga fatorial total). Variáveis representando as culturas de cebola e arroz, sazonais. Salienta-se que este último grupo, mesmo dispondo de áreas com agricultura irrigada, detém uma significativa parte da população rural, dedicada a agricultura dependente de chuva.

A carga fatorial total (Final Communality Estimates) é igual a 151.16.

Baseados nestes resultados e pela análise de cluster das variáveis mais representativas da condição econômica municipal, e relativa a esta condição na Região, foi construído o Índice do Perfil Econômico (IP-ECON) com quatro atributos de qualificação: elevado (cor azul), alto (cor verde), regular (cor amarela) e baixo (cor vermelha). Os resultados obtidos com o Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) sinalizam uma desigualdade econômica, altamente significativa entre municípios (Quadro 3 e Figura 21).

Quadro 3. Hierarquização 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, Brasil.

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	9007321,15	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	409170,06	9026260,446	3	0,21	0,0021
9	Sao Jose 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	Abare	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	Afranio	PE	19	24L	279253,518	9058156,845	4	0,39	0,0039
14	Belem do S. Francisco	PE	16	24L	503718,801	9032318,198	4	0,43	0,0043
15	Betania	PE	9	24L	606327,722	9085163,479	4	0,47	0,0047
16	Bodoco	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	Cabrobo	PE	2	24L	465843,029	9058807,295	4	0,60	0,0060
19	Calumbi	PE	5	24M	593647,197	9122047,34	4	0,64	0,0064
20	Carnaíba	PE	5	24M	632945,666	9137000,5	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	Chorrocho	BA	16	24L	489365,774	9007349,564	4	0,80	0,0080
24	Curaca	BA	18	24L	399993,191	9006059,965	4	0,84	0,0084
25	Custodia	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

Quadro 3. Hierarquização 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, Brasil.

Rank	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	CLUSTER	taxa	IP ECON
27	Exu	PE	1	24M	420063,929	9169552,647	4	0,96	0,0096
28	Flores	PE	5	24M	612987,96	9130112,015	4	1,00	0,0100
29	Floresta	PE	12	24L	547427,965	9049182,088	4	1,04	0,0104
30	Gloria	BA	15	24L	581802,372	8967647,77	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	Inaja	PE	8	24L	629275,846	9015775,16	4	1,24	0,0124
35	Ingazeira	PE	6	24M	669850,01	9151164,975	4	1,28	0,0128
36	Ipubi	PE	1	24M	373240,504	9153972,5	4	1,32	0,0132
37	Itacuruba	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	Jatoba	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	Macurure	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	Oroco	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	Ourolandia	BA	33	24L	272329,521	8786479,793	4	1,81	0,0181
49	Pariconha	BA	0	24L	609284,48	8977009,707	4	1,85	0,0185
50	Parnamirim	PE	1	24L	436241,897	9105607,428	4	1,89	0,0189
51	Pilao Acardo	BA	26	23L	773566,25	8893175,64	4	1,93	0,0193
52	Quixaba	PE	5	24M	626967,392	9146415,924	4	1,97	0,0197
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	Sao Jose do Belmonte	PE	4	24M	526448,349	9130979,874	4	2,25	0,0225
60	Sento Se	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	Sertania	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	Solidao	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	8993359,94	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	9159275,23	4	2,70	0,0270
71	Umburanas	BA	33	24L	245524,683	8812565,453	4	2,74	0,0274
72	Varzea Nova	BA	33	24L	287964,03	8754684,387	4	2,78	0,0278
73	Verdejante	PE	3	24M	503083,778	9123893,653	4	2,82	0,0282

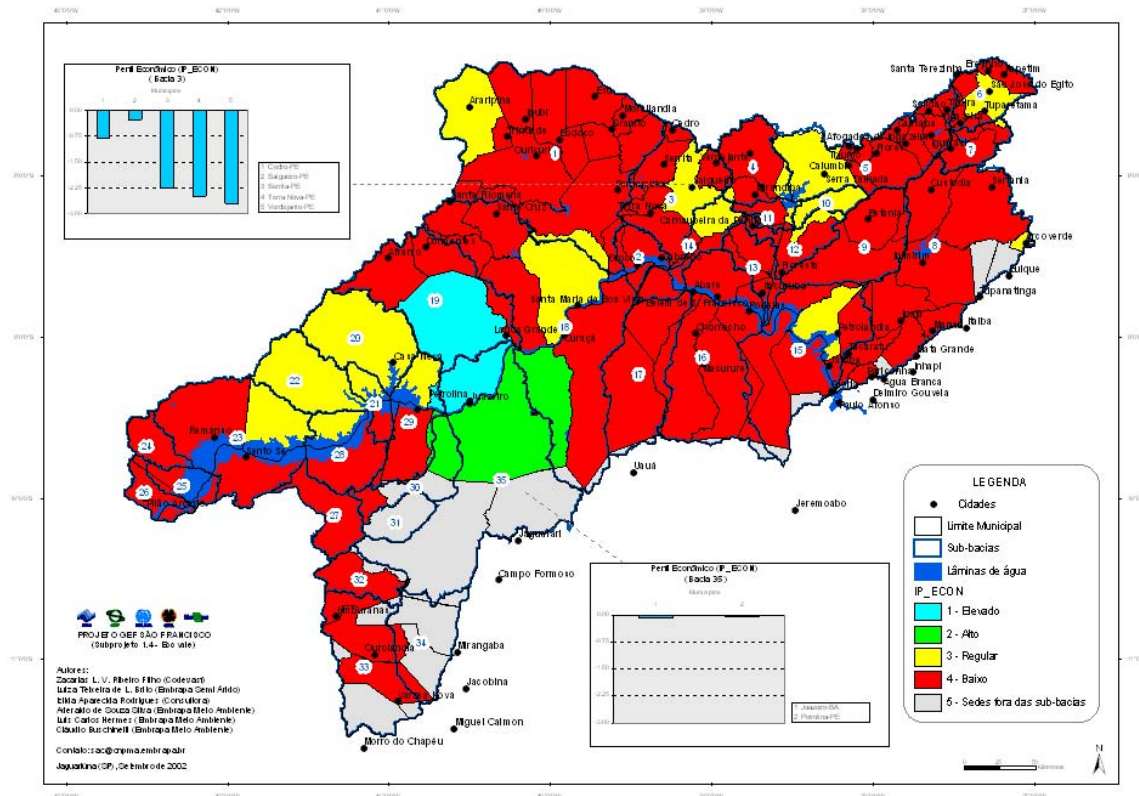


Figura 21 Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.

O município melhor classificado foi Petrolina, PE, com IP_ECON elevado, em cor azul. Juazeiro (BA) apresentou IP_ECON alto, em cor verde. No terceiro grupo homogêneo, ficaram agrupados com IP_ECON regular (cor amarela) os municípios de Araripina (PE), Arco-Verde (PE), Casa Nova (BA), Petrolândia (PE), Salgueiro (PE), Santa Maria da Boa Vista (PE), São José do Egito (PE) e Serra Talhada (PE). Enquanto 97,8% dos 73 municípios pesquisados (63 municípios) ficaram no último grupo, com IP_ECON baixo (cor vermelha).

4.4. Índice do Perfil Social (IP_SOCI)

Os componentes sociais são incorporados na definição das metas de desenvolvimento e conservação ambiental, sobretudo em países que comportam grandes problemas sociais e deparam com a necessidade de alternativas ao manejo de áreas comprometidas ambientalmente, mas, contudo, abertas à possibilidade de uso e ocupação do solo com atividades econômicas.

Várias questões emergem dessa abordagem, levando-se em conta as limitações na exploração do ambiente pelo homem, tomando um sentido de 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.

Baseando-se nessa concepção, e reafirmando-se a importância do componente social na análise que se pretende da sustentabilidade do uso da água, apresenta-se o desempenho do

Perfil Social do Submédio São Francisco para a concepção do desenvolvimento sustentável da região.

Este perfil foi composto por oito indicadores caracterizados por 209 variáveis provenientes das informações disponibilizadas pela Fundação IBGE, de levantamentos censitários via Internet. Através da análise fatorial agruparam-se as 209 variáveis em quatro grandes Fatores com carga Fatorial final (*Final Communality Estimates*) de 151.16488.

- Fator 1 - atendimento a saúde, com 35,4% da carga fatorial total.
- Fator 2 - sistema educacional, com carga fatorial de 33,7% da carga total.
- Fator 3 - serviços básicos, com 23,7% da carga fatorial total.
- Fator 4 - oferta de emprego, com 7,1% da carga fatorial total.

Isto possibilitou construir por meio de análise de agrupamento (Cluster analysis) o Índice do Perfil Social da região do Submédio do Rio São Francisco (IP_SOCI), processado em meios digitais por quatro atributos: IP_SOCI elevado (cor azul), IP_SOCI alto (cor verde), IP_SOCI regular (cor amarela) e IP_SOCI baixo (cor vermelha) (Quadro 4 e Figura 22).

Quadro 4. Hierarquização 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.

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	Abare	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	Afranio	PE	19	24L	279253,518	9058156,845	4	0,33	0,0033
12	Belem de S. Francisco	PE	16	24L	503718,801	9032318,198	4	0,37	0,0037
13	Betania	PE	9	24L	606327,722	9085163,479	4	0,41	0,0041
14	Bodoco	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	Cabrobo	PE	2	24L	465843,029	9058807,295	4	0,53	0,0053
17	Calumbi	PE	5	24M	593647,197	9122047,34	4	0,57	0,0057
18	Carnaíba	PE	5	24M	632945,666	9137000,5	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	Chorrocho	BA	16	24L	489365,774	9007349,564	4	0,73	0,0073
22	Curaca	BA	18	24L	399993,191	9006059,965	4	0,77	0,0077
23	Custodia	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	612987,96	9130112,015	4	0,93	0,0093
27	Floresta	PE	12	24L	547427,965	9049182,088	4	0,97	0,0097
28	Gloria	BA	15	24L	581802,372	8967647,77	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

Quadro 4. Hierarquização 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.

Rank	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	CLUSTER	Taxa	IP SOC
32	Inaja	PE	8	24L	629275,846	9015775,16	4	1,17	0,0117
33	Ingazeira	PE	6	24M	669850,01	9151164,975	4	1,21	0,0121
34	Ipubi	PE	1	24M	373240,504	9153972,5	4	1,25	0,0125
35	Itacuruba	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	Jatoba	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	Macurure	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	Moreilandia	PE	1	24M	439174,387	9156436,713	4	1,61	0,0161
44	Oroco	PE	2	24L	448972,427	9054460,236	4	1,65	0,0165
45	Ourolandia	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	Petrolandia	PE	15	24L	585762,618	9007321,15	4	1,80	0,0180
49	Pilao Arcado	BA	26	23L	773566,25	8893175,64	4	1,84	0,0184
50	Quixaba	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
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	409170,06	9026260,446	4	2,12	0,0212
57	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727,579	9184164,836	4	2,16	0,0216
58	Sao Jose do Belmonte	PE	4	24M	526448,349	9130979,874	4	2,20	0,0220
59	Sao Jose do Egito	PE	6	24M	690378,058	9172899,613	4	2,24	0,0224
60	Sento Se	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	Sertania	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	Solidao	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	8993359,94	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	9159275,23	4	2,68	0,0268
71	Umburanas	BA	33	24L	245524,683	8812565,453	4	2,72	0,0272
72	Varzea Nova	BA	33	24L	287964,03	8754684,387	4	2,76	0,0276
73	Verdejante	PE	3	24M	503083,778	9123893,653	4	2,80	0,0280

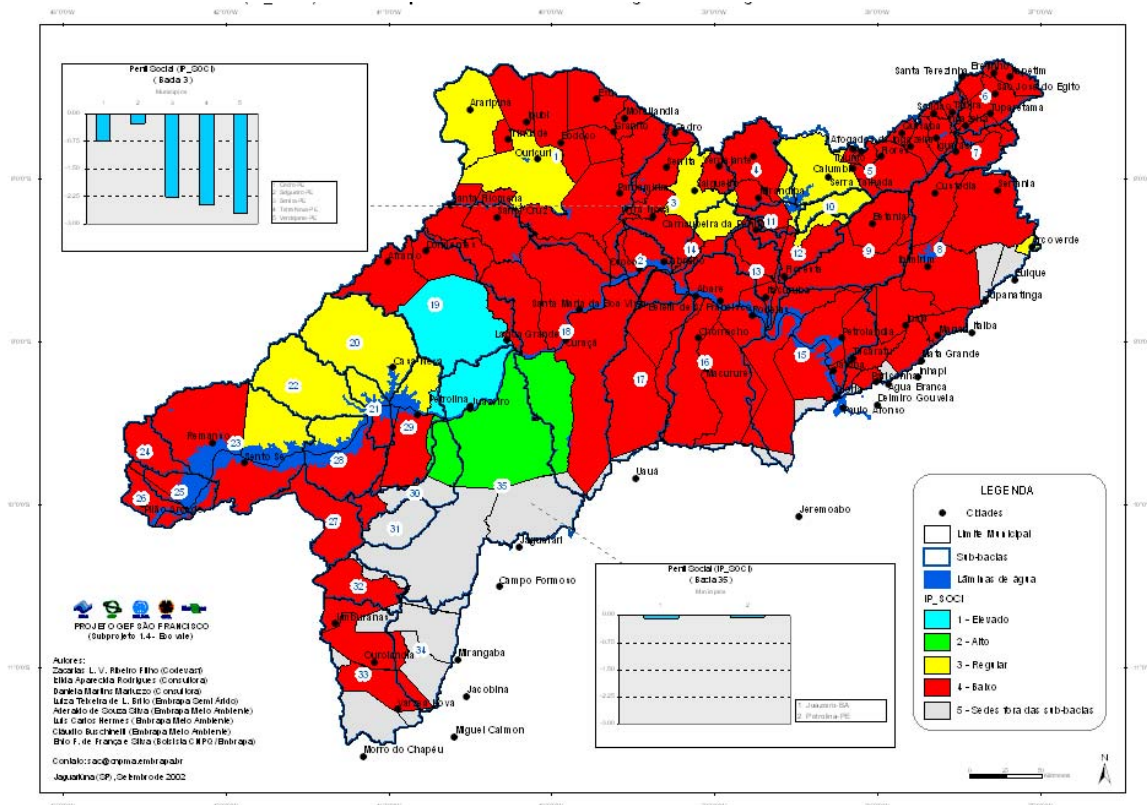


Figura 22. Índice do Perfil Social (IP_SOCI) dos municípios localizados em 35 sub-bacias Hidrográficas da Região do Submédio do Rio São Francisco.

Como produto da análise de agrupamento, foi observado que com IP_SOCI elevado houve somente um município, Petrolina em cor azul. Com IP_SOCI alto, também, um único município formou um grupo, representado por Juazeiro da Bahia, em cor verde. Entretanto, por meio do índice IP_SOCI regular se obteve seis municípios formando um grupo homogêneo, recebendo a cor amarela. Por fim, com IP_SOCI refletindo a condição social baixa, foram incorporados os 65 municípios restantes, com a cor vermelha.

Pode-se concluir dessa análise 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, a qual é altamente significativa para uma pequena parcela da população.

5. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA

No Quadro 5, é demonstrada, em ordem hierárquica, a classificação das dez (10) variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que melhor explicaram o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio do Rio São Francisco. Estas foram obtidas por meio do método “stepwise” e expressam o resultado da matriz integrada, com 571 variáveis, pertencentes aos Perfis ecológico, econômico e social.

Quadro 5. Classificação das dez (10) variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que compõem o Uso Sustentável da Água na região do Submédio do rio São Francisco, por meio do método “stepwise”. Os parâmetros abaixo relacionados em forma hierárquica, expressam o resultado da matriz integrada com 571 variáveis, pertencentes aos perfis ecológico, econômico e social.

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	5503.70024	550.37002	69.34	<.0001
Error	61	484.17476	7.93729		
Corrected Total	71	5987.87500			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Indicador - Intercept	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 (Muare)	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 (Salinity)	-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: Variable muare (PEC015) Entered: R-Square = 0.9191 and C(p) = .

5.1. Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_Água)

O desenvolvimento sustentável do uso da água na Região do Submédio do Rio São Francisco, é um processo em construção, cuja quantificação e qualificação procurou-se expressar 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, municípios, qualidade das águas, qualidade ambiental das fontes segundo a norma ISO 14.001 e as 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, extraiu-se os fatores iniciais, seguido 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 no Quadro 6 e Figura 23.

Quadro 6. Hierarquização de 73 municípios localizados em 35 Sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso de Água (ISA_ÁGUA), na região do Submédio, Brasil.

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	ISA_ÁGUA
1	Abare	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	Afranio	PE	19	24L	279253,52	9058156,85	1	0,11	0,00109
4	Belem de S. Francisco	PE	16	24L	503718,80	9032318,20	1	0,14	0,00145
5	Betania	PE	9	24L	606327,72	9085163,48	1	0,18	0,00181
6	Bodoco	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	Cabrobo	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	Chorrocho	BA	16	24L	489365,77	9007349,56	1	0,47	0,00471
14	Curaca	BA	18	24L	399993,19	9006059,97	1	0,51	0,00507
15	Custodia	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	Gloria	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	Inaja	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	Itacuruba	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
29	Jatoba	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	Macurure	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	Moreilandia	PE	1	24M	439174,39	9156436,71	1	1,27	0,01268
36	Oroce	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	Ourolandia	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	Pilao 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

Quadro 6. Hierarquização de 73 municípios localizados em 35 Sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso de Água (ISA_ÁGUA), na região do Submédio, Brasil.

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	ISA_ÁGUA
49	Sao Jose do Belmonte	PE	4	24M	526448,35	9130979,87	1	1,78	0,01775
50	Sento Se	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	Sertania	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	Solidao	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	Varzea 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	Arapipina	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	Petrolandia	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	Sao Jose 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

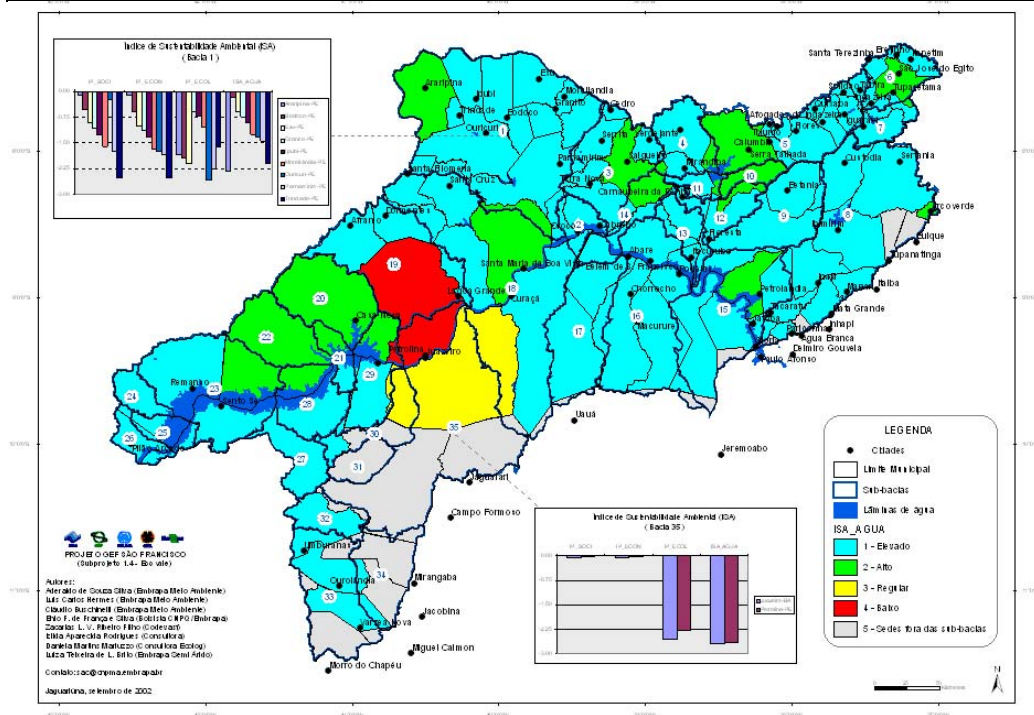


Figura 23. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA-ÁGUA) abrangendo 35 Sub-bacias hidrográficas e 73 municípios da região do Submédio do rio São Francisco.

A análise de agrupamento (Cluster analysis), definiu um ISA_Água elevado em 63 municípios, indicados em cor azul. Com ISA_Água alto, demonstrado no mapa em cor verde, ocorreram oito municípios (Arapipina, 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 apareceu novamente somente um município, Petrolina, indicado pela a cor vermelha. De maneira geral, o ISA_Água refletiu uma condição elevada e boa para a grande maioria dos municípios envolvidos, os quais quando vistos sob o perfil social e econômico mostraram-se problemáticos, apesar de ter garantido este ranqueamento no balanço final.

Como resultado preponderante da aplicação dessa 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 aplicação de legislação adequada.

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 apresentam bons índices no perfil social e econômico, seja em municípios que são flagrados com a necessidade desse desenvolvimento, conforme descrito a seguir:

- Deficiência no sistema de saúde e educação regional (IP_SOCI);
- Baixo nível de investimento em serviços básicos (IP_ECON);
- Carga significativa de poluentes em função das atividades industriais, comerciais e de falta dos serviços públicos. Uso indiscriminado de agrotóxicos e descartes 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 susceptibilidade à poluição urbana (ISA_Água).

A relatividade do ranqueamento das variáveis na formação do ISA permite estabelecer diferenças importantes na concepção e encaminhamento do desenvolvimento e demanda ao atendimento e manutenção da qualidade de vida dos 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, caso de Juazeiro e Petrolina, mas evidencia os problemas potenciais de cunho ambiental, caracterizando o índice final de sustentabilidade como regular e baixo.

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 de água, bem como intervenção no entorno. Em escala menor pode servir como modelo para elaboração das Agendas 21 municipais. Para isso utiliza-se a matriz multivariada de análise causal, cujo resultado demonstra as causas e as medidas mitigadoras para cada problema encontrado.

5.2. Matriz multivariada de análise causal

Uma das inovações no processo de formatação da matriz de análise causal do uso da água, segundo o Perfil social, econômico e ecológico e no desenvolvimento sustentável no

Submédio São Francisco, foi à inserção da técnica fatorial para a sua elaboração. É 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 sub-bacia hidrográfica da carga de poluentes emitidos. E o segundo, para obter uma análise classificatória das sub-bacias em função de índices específicos, contidos em cada indicador dos perfis social, econômico e ecológico de âmbito regional, do tipo ISA. 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 poderão ser observados nos Quadros 7, 8 e 9.

Quadro 7. Matriz de Análise Causal Multivariada: segundo os resultados obtidos por meio da sínteses dos perfis ecológico, econômico e social em função da Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água na região do Submédio do rio São Francisco – Síntese.

USO NÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA	
Perfis	Causas
SOCIAL	<p>Causa 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 menores de 1 ano.</p> <p>Causa Fator 2 - Sistema Educacional Deficiente: A deficiência no sistema educacional (docentes, matrículas e estabelecimentos).</p> <p>Causa Fator 3 - Carência de Serviços Básicos: atendimento deficiente dos serviços básicos, sobretudo para a população residente na área rural.</p> <p>Causa 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 oportunidade de emprego e atendimento deficiente dos serviços públicos à maioria da população urbana e rural.</p>
ECONÔMICO	<p>Causa Fator 1 - Gastos Públicos em Infra-estrutura: Baixo nível de investimentos em serviços básicos (saúde e saneamento) e infra-estrutura de produção.</p> <p>Causa Fator 2 - Agricultura Irrigada de Baixo Nível Tecnológico: Agricultura irrigada sem uso de normas de Boas Práticas Agrícolas.</p> <p>Causa Fator 3 - Agricultura de Sequeiro: Exploração de culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca) com baixo nível tecnológico.</p> <p>Causa 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 ao atendimento da infra-estrutura básica: Associado à inadequação dos Sistemas de produção agrícola e agroindustrial em uso.</p>

Continuação do Quadro 7. Matriz de Análise Causal Multivariada: segundo os resultados obtidos por meio da sínteses dos perfis ecológico, econômico e social em função da Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água na região do Submédio do rio São Francisco – Síntese

Perfis	Causas
ECOLÓGICO	<p>Causa 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>Causa Fator 2 - Concentração fundiária: destaca certos municípios nas Sub-bacias segundo a área total das terras utilizadas (em ha), seguida da discriminação do produtor como proprietário.</p> <p>Causa Fator 3 - Déficit Hídrico: Desequilíbrio no balanço hídrico de um conjunto de municípios a partir do mês de julho.</p> <p>Causa Fator 4 - Atividades de Mineração: Geração de resíduos químicos provenientes da atividade mineradora em fontes de água.</p> <p>Causas Fundamentais - Descarga de poluentes: A descarga de poluentes químicos nos corpos de água decorrente 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>Causa Fator 1 - Dinâmica da Poluição Urbana e Uso Inadequado de Água: Destino inadequado de efluentes e resíduos sólidos domésticos, industriais e agrícolas, associado à concentração da população na área urbana.</p> <p>Causa Fator 2 - Gestão Ambiental da Agricultura Irrigada: Dada a diversificação e complexidade do agronegócio envolvendo frutas tropicais de exportação, com qualidade ambiental e segurança alimentar.</p> <p>Causa Fator 3 - Agricultura Familiar e Pecuária: Falta de um Programa com alternativas tecnológicas para a convivência do homem com a seca.</p> <p>Causa Fator 4 - Qualidade de Vida e Segurança Alimentar: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo na maioria dos municípios da região do Submédio do Rio São Francisco.</p> <p>Causas Fundamentais - Poluição hídrica: Vulnerabilidade ao uso da água, em função da disposição inadequada dos resíduos urbanos e rurais, gerados pelas atividades produtivas e ocupação territorial.</p>

Quadro 8. 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 (2002)

CAUSAS FUNDAMENTAIS	AÇÕES	INTERFACE AÇÕES ESTRATÉGICAS DA ANA
Acesso à educação e saúde restrito à baixa parcela da população.	<p>A – Políticas públicas direcionadas ao atendimento dos serviços básicos (saúde, educação e saneamento).</p> <p>B – Incorporação da educação ambiental na formação dos alunos de todos os níveis de ensino (fundamental, médio e superior).</p>	<p>IV.1. Despoluição de fontes</p> <p>IV.2. Revitalização /</p> <p>Conservação do solo e água</p> <p>IV.5. Uso racional e combate ao desperdício</p>
Destino dos recursos públicos ao atendimento da infra-estrutura básica.	<p>A – Programa de gestão articulada por bacia, dos recursos orçamentários destinados aos recursos hídricos nos níveis federal, estadual e municipal.</p> <p>B – Diagnóstico da infra-estrutura básica dos municípios da bacia para elaboração de projetos para a solicitação de verbas junto às instituições financiadoras.</p>	<p>II.1. Comitê de Bacias Hidrográficas</p> <p>IV.1. Despoluição de fontes</p> <p>IV.2. Revitalização /</p> <p>Conservação do solo e água</p>
Inadequação dos Sistemas de produção agrícolas e agroindustriais em uso.	<p>C – Articulação com comunidade incentivando a participação em ações voltadas a sustentabilidade do uso da água.</p> <p>D – Introduzir a normalização das práticas agrícolas e certificação dos produtos.</p> <p>E – Divulgação dos benefícios da certificação de qualidade no campo para os produtores rurais.</p> <p>F – Implementação de SGA nas agroindústrias da região.</p> <p>G – Capacitação e treinamento dos produtores rurais e agroindustriais.</p> <p>H – Financiamentos para desenvolvimento de pesquisa aplicada de tecnologias limpas.</p>	<p>IV. Programas Indutores</p> <p>IV. Programas Indutores</p> <p>IV. Programas Indutores</p> <p>IV. Programas Indutores</p> <p>IV. Programas Indutores</p>

Continuação do Quadro 8. 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 (2002)

CAUSAS FUNDAMENTAIS	AÇÕES	INTERFACE AÇÕES ESTRATÉGICAS DA ANA
Descarga de poluentes nos corpos de água decorrente das atividades dos setores produtivos primários, secundários e dos serviços públicos.	A - Homogeneização da legislação ambiental nos municípios da bacia.	III.6. Fiscalização Integrada
	B - Cadastro de usuários, levantando as atividades econômicas com influência nos recursos hídricos. Criação do Banco de Dados contendo informações sobre fontes de água e fontes potenciais de poluição para composição do monitoramento do uso sustentável da água.	III.1. Cadastro de Usuários III.2. Outorga III.5. Sistema de Informação
	C - Implementação dos instrumentos de gestão ambiental, através de programas oficiais em indústrias, estabelecimentos rurais, instalações de saneamento básico.	III.4. Plano de Recursos Hídricos
	D - Fortalecimento dos órgãos fiscalizadores e programas de fiscalização por agentes treinados da comunidade.	III.6. Fiscalização Integrada
	E - Divulgação dos resultados e discussão conjunta com instituições e comunidades.	III.5. Sistema de Informações
	F - Ampliação do programa de irrigação	III.4. Plano de Recursos Hídricos
Vulnerabilidade da população ao uso da água em função da disposição dos resíduos urbanos e rurais gerados pelas atividades produtivas e ocupação territorial.	A - Institucionalização do desenvolvimento sustentável na gestão municipal.	II. Instrumentos Institucionais
	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.	III.1. Cadastro de Usuários III.2. Outorga III.4. Plano de Recursos Hídricos
	C - Implantação de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos.	IV.1. Despoluição das bacias IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água IV.5. Uso racional e combate ao desperdício
	D - Monitoramento dos índices de desenvolvimento sustentável das bacias do Submédio São Francisco.	III.5. Sistema de Informações

Quadro 9. Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Sociais, Econômicos e Ecológicos e no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco - Propostas

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	a) Inventário georreferenciado da qualidade ambiental - 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 do rio 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 Informações Geográficas (SIG), com base em Indicadores Universais Naturais, de qualidade de água.	b) Desenvolvimento de mapas temáticos digitais de sustentabilidade do uso da água - Índice do perfil social; - Índice do perfil econômico; - Índice do perfil ecológico; - Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_Água).
4) Estrutura documentada para mitigação e controle dos poluentes prioritários	c) Elaboração de cartilhas técnicas sobre o uso sustentável da água - Confecção de cartilhas sobre práticas de Educação Ambiental e de participação da população na conservação e fiscalização das águas para serem introduzidas nas escolas do ensino fundamental e médio.
5) Planta Piloto de Monitoramento "on line" de Qualidade das Águas de Usos Múltiplos	d) Instalação de Estações Automáticas de Alerta em Sub-bacias hidrográficas prioritárias - Locação e instalação de estações de alerta em sub-bacias hidrográficas com elevado índice de degradação hídrica. Objetivamente naqueles pontos de amostragem georreferenciados, com índices críticos.
6) Indicadores socioeconômicos e ambientais da região do Submédio São do rio 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).

Continuação do Quadro 9. Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Sociais, Econômicos e Ecológicos e no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco - Propostas

PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO	PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI)
7) Treinamento e envolvimento da comunidade	f) Desenvolvimento de um Programa de Monitoramento da Sustentável do Uso das Águas - Formação massiva de Agentes de Água (pessoas voluntárias 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. E seminários juntos a comunidade incentivando a participação em ações voltadas à sustentabilidade do uso da água, repasse dos resultados alcançados, restauração de áreas e fontes degradadas e fiscalização.

Considerando que a construção do Índice de Desenvolvimento Sustentável do Uso da Água foi feito com a integração das informações contidas nos três Perfis mencionados, a análise fatorial deste último produziu mais quatro fatores que permitiram a elaboração da AMC relativa às Causas Fundamentais do problema identificado pelo Subprojeto Ecovale.

Como esta matriz de análise causal foi obtida por meio de análise multivariada, foi denominada de "Análise da Matriz Causal Multivariada (AMCM)". No Quadro 4 é possível constatar as variantes 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.

5.3. 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 estratégia técnico-científica 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 realizada em termos comparativos com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

5.3.1. 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 PPC). É calculado utilizando indicadores de esperança de vida ao nascer (anos); taxa de alfabetização de adultos (acima de 15 anos, %); taxa de escolaridade bruta conjunta dos 1º, 2º e 3º graus (%) e PIB per capita (PPP US\$). De posse dessas informações são calculados os índices de esperança de vida, índice da educação e o índice do PIB. Obtidos os três índices integram-se os seus valores e obtém-se o valor do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

No Quadro 10 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 Figura 24 ilustra esses valores.

Quadro 10. Índice de Desenvolvimento Humano: Classificação e hierarquização de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio. - Período: 1998-2002.

Obs	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	IDH	CLUSTER
5	Arcoverde	PE	8	24L	714236.63	9068821.40	0.51	1
30	Itacuruba	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	Curaca	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	Sertania	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	Araripina	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	Custodia	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

Continuação do Quadro 7. Índice de Desenvolvimento Humano: Classificação e hierarquização de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio. - Período: 1998-2002.

Obs	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	IDH	CLUSTER
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	Iguaraci	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	Moreilandia	PE	1	24M	439174.39	9156436.71	0.36	3
41	Ouricuri	PE	1	24M	380720.93	9128499.23	0.37	3
42	Ourolandia	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
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	Betania	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	Gloria	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	Macurure	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 Se	BA	23	24L	183376.66	8921299.61	0.31	4
70	Tuparetama	PE	6	24M	686247.27	9159275.23	0.31	4

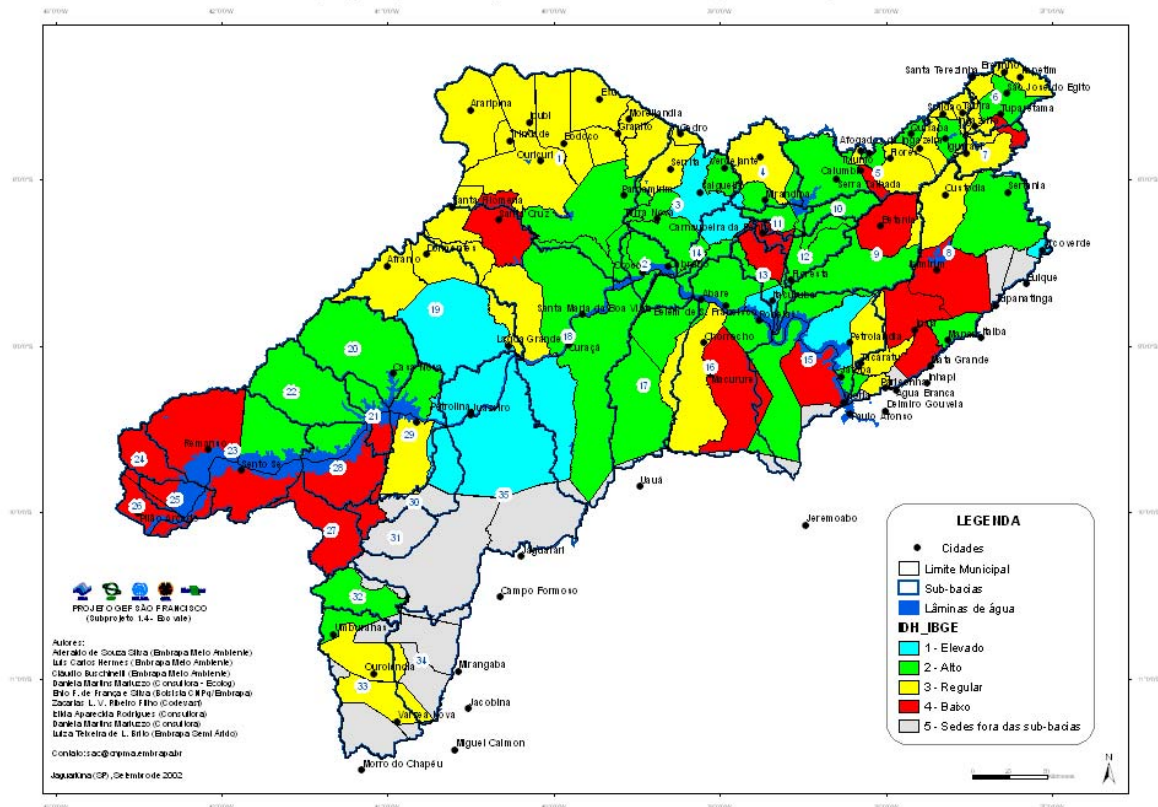


Figura 24. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas e 73 municípios da região do Submédio do rio São Francisco.

5.3.2. Estudo Comparativo: IDH Versus ISA_Água

Considerando-se que o IDH hoje 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 classificou-se as 35 sub-bacias hidrográficas em relação ao IDH e em seguida se fez uma comparação desses resultados com o índice ISA_Água (Figura 25).

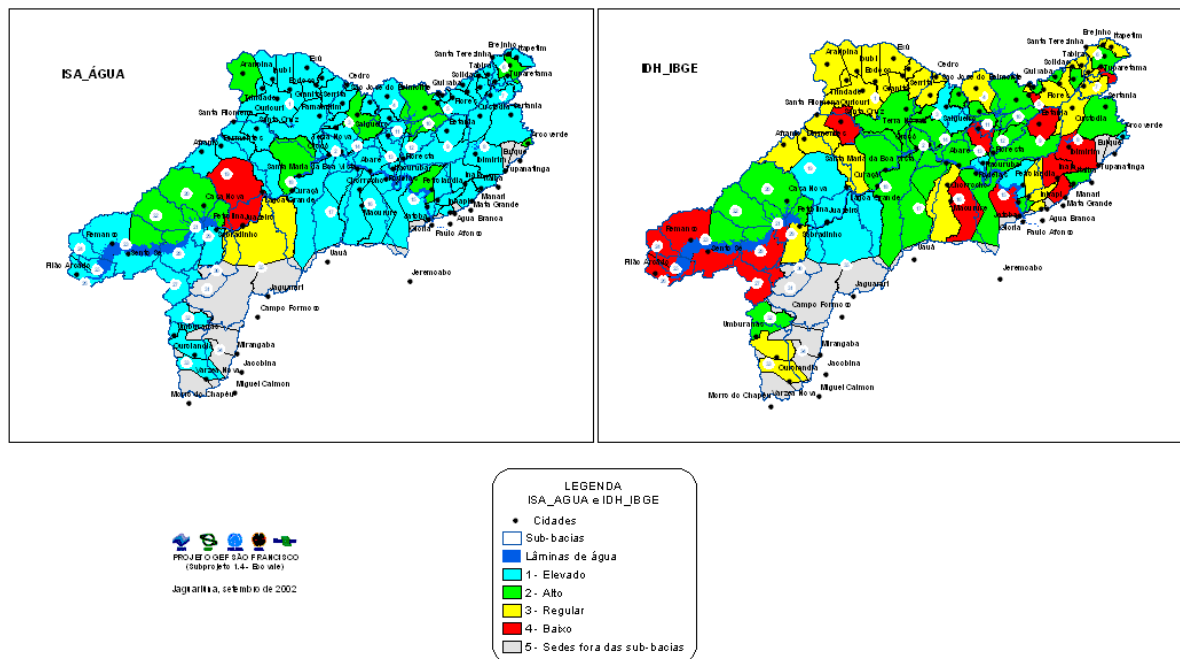


Figura 25. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.

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 do rio São Francisco que apresentam altos índices de IDH, não necessariamente terão desenvolvimento sustentável do uso das águas em longo prazo, haja visto 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, apresentariam também altos valores do índice ISA_Água. Isto porém não é verdadeiro pois o IDH não agrega o perfil ecológico. 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.

6. MONITORAMENTO DO USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

6.1. Estudos Básicos

Há vários anos, no Brasil e no mundo 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 levam à classificação por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA). Este índice apesar de útil tem-se mostrado limitado, pois avalia alterações, positivas ou negativas, que já ocorreram na água.

Os resultados de dados dos milhares de corpos d'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 do conceito de qualidade da água e a proposição de novas abordagens para o problema, visando a sustentabilidade ambiental.

Desta forma é proposta uma metodologia pioneira de monitoração de qualidade da água para a bacia do Submédio São Francisco, utilizando o novo conceito de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA). Salienta-se que esta metodologia é extrapolável para a bacia do rio São Francisco de forma global, bem como sua universalidade, podendo ser aplicada em qualquer bacia hidrográfica.

6.2. Seleção e treinamento de Agentes de Água Voluntários (AAVs)

No desenvolvimento deste trabalho, a preocupação principal foi centrada no repasse de métodos e processos para diversas comunidades da região do Submédio do rio São Francisco salientando como maneiras simples podem aumentar a percepção das pessoas em relação ao lugar onde vivem. Os recursos hídricos ali disponíveis são a base de sua sustentação e de seus problemas.

A compreensão dos princípios básicos de “como funciona o lugar onde vivemos”, faz pensar em um modo de relacionamento homem/meio mais salutar. Uma forma de entender este processo é através da elaboração de diagnóstico de bacias hidrográficas.

O diagnóstico completo da qualidade das águas consiste em monitorar de forma adequada os componentes físicos, químicos e biológicos das bacias hidrográficas e associar a estes componentes os fatores naturais e os de caráter antrópico determinante das possíveis alterações dos diferentes corpos de água.

Em um país com as dimensões continentais como o Brasil, as ações de monitoramento de qualidade de 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 (Figura 26).

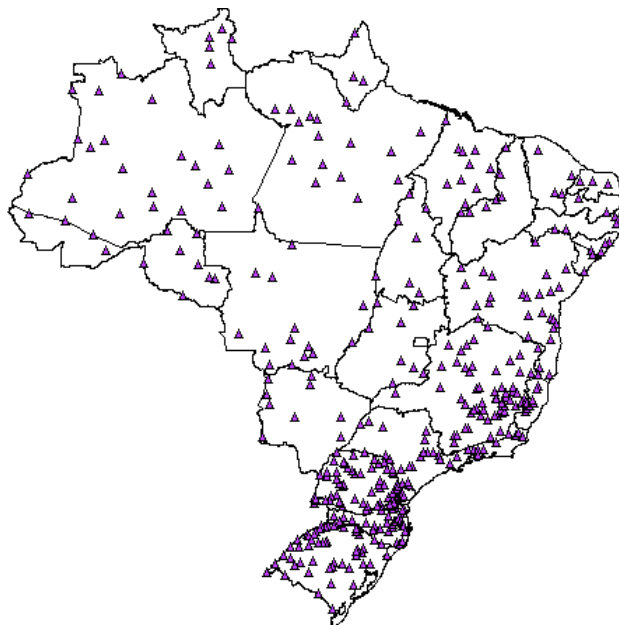


Figura 26. Distribuição das estações de qualidade das águas no Brasil – 1999 (Fonte: SIH/ANEEL, 1999).

A rede de monitoramento na bacia do rio São Francisco é notadamente mais expressiva na região do Alto São Francisco, provavelmente em função da rede de drenagem permanente estar ali localizada. Já na região do Submédio São Francisco existem duas situações bem distintas, determinadas pelas próprias características da região. A calha do rio São Francisco em sua maior parte, se encontra represada e seus tributários quase na totalidade são temporários. É a principal fonte de abastecimento e desenvolvimento da região (Fotos 15, 16, 17 e 18) atendendo basicamente a população ribeirinha, tendo poucos pontos de monitoramento.



Foto 15. Bacia do rio Salitre



Foto 16. Área de irrigação no Submédio São Francisco



Foto 17. Petrolina e Juazeiro. Principais pólos de desenvolvimento do Submédio São Francisco.



Foto 18. Uva para exportação produzida na região do Submédio São Francisco

O confinamento das diversas fontes de água, no período das secas, confere características únicas para cada fonte havendo sérias restrições de quantidade e qualidade das águas (Fotos 19 e 20).



Foto 19. Confinamento de águas na sub-bacia do rio Salitre



Foto 20. Confinamento de água em barreiro.

Outra situação surge a algumas centenas de metros do rio, onde o acesso à água é difícil e feita pelo uso de barreiros, açudes (pequenos, médios e grandes), cisternas, poços (amazonas e cacimbas) e poços tubulares (Fotos 21, 22 e 23).



Foto 21. Barreiro para captação de água



Foto 22. Armazenamento de água em cisterna.



Foto 23. Poço comunitário

Nesta região, afastada do rio, vive boa parte da população sertaneja, desprovida de assistência, convivendo com doenças, algumas endêmicas, como Chagas, leishmaniose, esquistossomose,

parasitoses intestinais, infecções de pele dentre outras (fotos 24, 25 e 26). Nestes locais as avaliações dos corpos de água são eventuais e estão mais centrados na determinação de salinidade dos poços.



Foto 24. O que restou de água após período de seca



Foto 25. Menino usuário de água no sertão

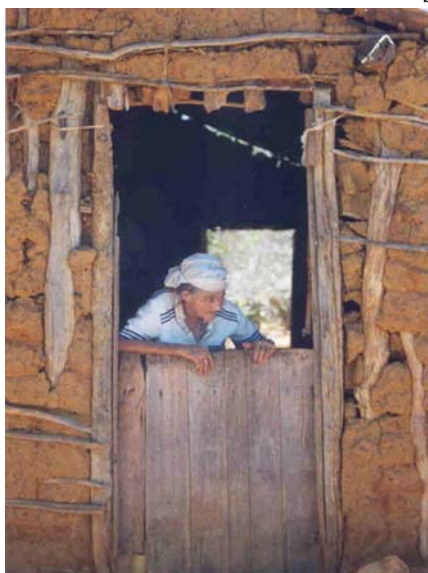


Foto 26. Residência e moradora típica do sertão

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

Inspirados pela convicção de que todos podem contribuir para a melhoria dos recursos hídricos, foi estruturada uma forma de trabalho que permitisse às pessoas de diferentes comunidades, escolas, universidades e não somente profissionais especializados, participassem conjuntamente e de forma voluntária em um projeto de monitoramento de qualidade de água.

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.

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 (Fotos 27, 28, 29 e 30).



Foto 27. Alunos de escola de ensino fundamental.

PUNTO DE AMOSTRAGEM	Temperatura		pH		Oxigênio		Condutividade		Turbidez
	15	20	15	20	15	20	15	20	
VILA A-1	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA A-2	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA B	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA C	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA D	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA E	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA F	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA G	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA H	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA I	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA J	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA K	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA L	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA M	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA N	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA O	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA P	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA Q	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA R	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA S	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA T	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA U	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA V	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA W	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA X	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA Y	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25
VILA Z	20	20	6,0	6,0	0	0	0	0	25

Foto 28. Resultados de análise de água realizado na Escola Antonio Nunes dos Santos em Petrolina /PE

PUNTO DE AMOSTRAGEM	PH
VILA A-1	6,0
VILA A-2	6,0
VILA B	6,0
VILA C	6,0
VILA D	6,0
VILA E	6,0
VILA F	6,0
VILA G	6,0
VILA H	6,0
VILA I	6,0
VILA J	6,0
VILA K	6,0
VILA L	6,0
VILA M	6,0
VILA N	6,0
VILA O	6,0
VILA P	6,0
VILA Q	6,0
VILA R	6,0
VILA S	6,0
VILA T	6,0
VILA U	6,0
VILA V	6,0
VILA W	6,0
VILA X	6,0
VILA Y	6,0
VILA Z	6,0

Foto 29. Resultados de análise do pH da água realizados por alunos da escola Antônio Nunes dos Santos. Petrolina/PE



Foto 30. Alunos da Escola Antônio Nunes dos Santos repassando a metodologia para professores e alunos de outras escolas.

6.2.1. Treinamento de Agentes Voluntários para Cadastro de corpos de água:



Foto 31. Aula prática sobre o uso de GPS pelos Agentes Ambientais Voluntários.

Em regiões muito grandes e peculiares como as que se apresentam no Submédio do rio São Francisco, descobrir as fontes de água para seu cadastro e análise não é uma tarefa fácil. Para contornar este problema, em cada município pertencente às sub-bacias estudadas, foram realizados contactos com as prefeituras e suas secretarias para a indicação de pessoas com conhecimento da região. Os grupos selecionados, considerados 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 Sistemas de Posicionamento Global (GPS) (Foto 31).

6.2.2. Treinamento de Agentes de Água Voluntários (AAV's) para o monitoramento da qualidade de água.

A indicação do público-alvo normalmente é feita pelas secretarias dos municípios. Prevalcem os agentes de saúde, diretoras, professoras e alunos do ensino fundamental, escolas técnicas, secundárias e universidades da região, extensionistas, equipes técnicas de OG's e ONG's, reconhecidamente envolvidas no processo de implementação das políticas estaduais e municipais de recursos hídricos (Fotos 32 e 33)



Foto 32. Alunos e professores de universidade da região do Submédio São Francisco.



Foto 33. A comunidade durante curso de formação de Agentes de Água

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

A ferramenta básica para o agente ambiental é o EcoKit® que avalia a qualidade da água pelos seguintes parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, dureza total, turbidez, ferro, fosfato, cloreto, cloro, amônia e coliformes totais e fecais. Esta ferramenta permite aos indivíduos treinados monitorar a qualidade de água nas localidades onde residem determinando diversas variáveis físico-químicas com bons resultados. Em cada kit podem ser adicionadas determinações específicas de acordo com as condições predominantes em cada bacia hidrográfica. Além disso, os resultados proporcionam discussões sobre a questão da água potável, a necessidade de controle da qualidade e a preservação das áreas de mananciais.

O Ecokit® (Figura 27) é composto de frascos, 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.



Figura 27. 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 usuário. A contaminação fecal é medida como indicador da presença de poluentes orgânicos de origem humana (Chapman & Kimstach, 1997).

O grupo das bactérias denominado coliformes incluem todo os bacilos aeróbicos, gram-negativos não formadores de esporos que, quando incubados a 35⁰C fermentam a lactose produzindo gás (CO₂) em 48 horas. Este grupo de coliformes é composto por *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (AWWA, 1990). 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 (Foto 34) 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 & Kimstach, 1997).

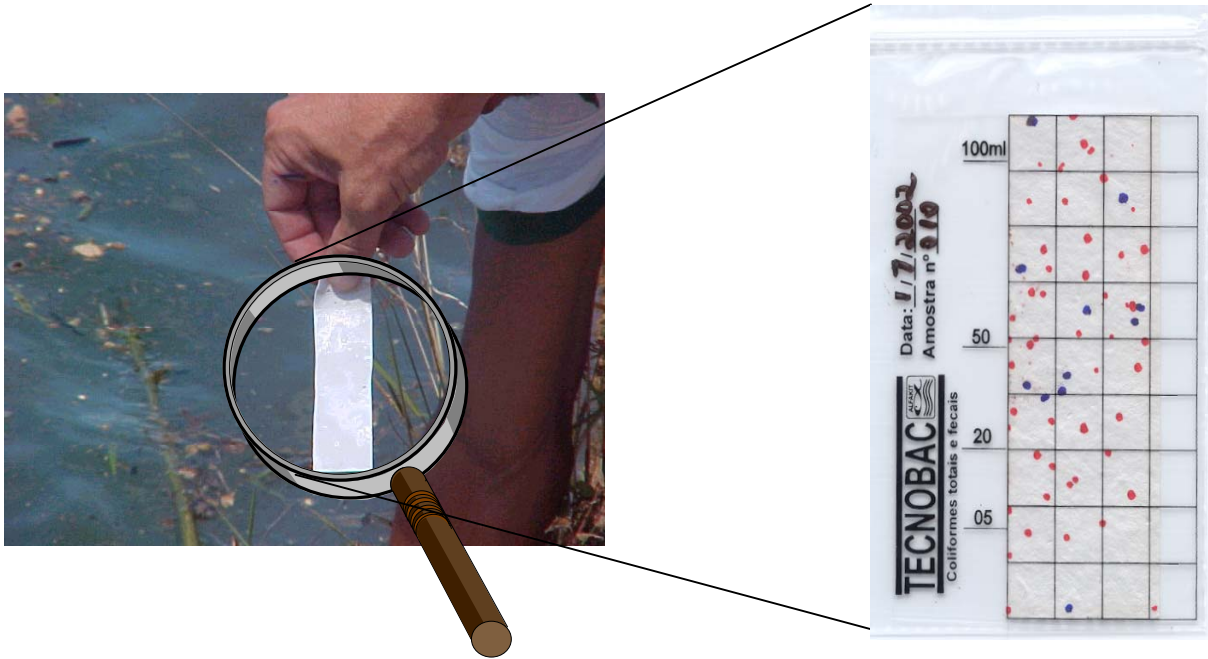


Foto 34. Análise de coliformes totais e fecais pelo Kit microbiológico

Uso de kits para análises de macro invertebrados bentônicos:

Macroinvertebrados bentônicos são comunidades biológicas presentes nos diversos ecossistemas que refletem no seu todo a integridade do ecossistema, em suas características estruturais e em suas características químicas, físicas e biológicas.

A disponibilização para os agentes da água de métodos simples (Foto 35) 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/química e bacteriológica da água a realização de diagnósticos representativos do grau de estabilidade ou não dos corpos de água e sua relação com o entorno.



Foto 35. Material para avaliação de macroinvertebrados bentônicos (Bug Kit. LaMotte Company, Chestertown- Maryland, USA)

Equipamentos de Suporte

Laboratórios móveis.



Foto 36. Laboratório portátil.

Os laboratórios portáteis "Smart Water" (Foto 36) possibilitam a determinação de 24 variáveis relacionadas a qualidade de água, em condições de campo, com a finalidade de detectar pontos de poluição e viabilizar estudos ambientais *in loco*.

Por intermédio de análises colorimétricas 15 variáveis físico-químicas podem ser quantificadas com precisão, dentre eles 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 concentração hídroniônica (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 e necessitam portanto análises mais apuradas.

Sondas multiparâmetros

As sondas de medição de qualidade de água (Foto 37) possuem acoplados diversos sensores, 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 boa precisão, podendo ser usados de forma estática (fixas em determinado local) ou de forma dinâmica (acompanhando quem está monitorando). Tem 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 (Foto 38).

Foto 37. Sonda multiparâmetro em análise de água.



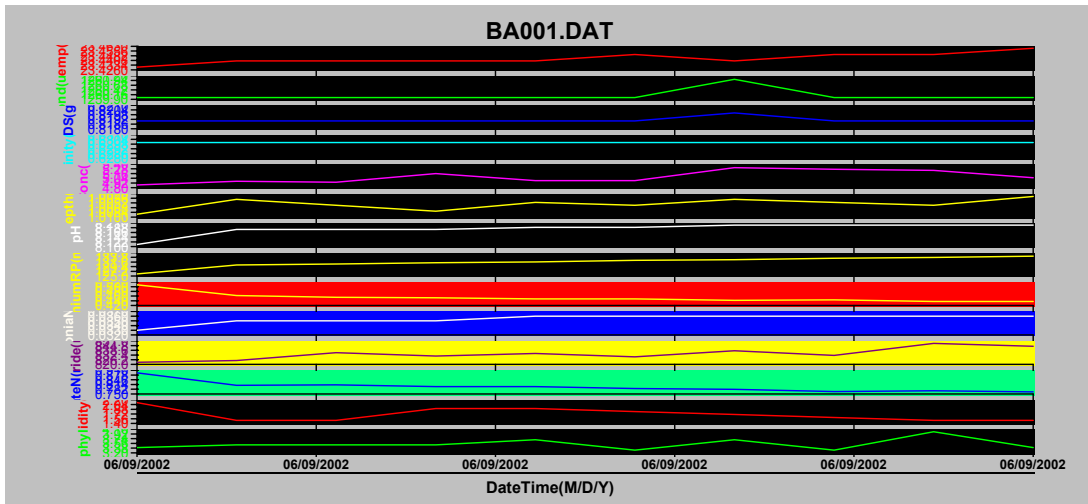
Parâmetros

- Oxigênio Dissolvido
- Temperatura
- pH
- ORP (Redox)
- Profundidade
- Nível
- Vazão
- Condutividade
- Salinidade
- Total Sólido Dissolvido
- Condutância Específica
- Resistividade
- Amônia/Amônio
- Nitrato
- Cloreto
- Turbidez
- Clorofila

Foto 38. Coletor de dados de sonda multiparâmetro.



Foto 39. Análise da qualidade da água utilizando a sonda multiparâmetros.



DateTime M/D/Y	Temp C	SpCond uS/cm	TDS g/L	Salinity ppt	DOCConc 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 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 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 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

Figura 28. Resultados da sonda multiparâmetros e apresentados pelo programa EcoWatch.

Realizadas todas as etapas, cada grupo expôs suas reflexões a respeito do que lhes foi apresentado durante o curso, avaliando aspectos positivos e negativos (Foto 40 e 41). Indicaram os benefícios que este trabalho poderá proporcionar para a região, as dificuldades que poderão ser encontradas e dentro da realidade de cada um, discutiram o que fazer para contornar estas dificuldades de maneira a tornar viável a implantação, desenvolvimento e manutenção do programa na região.



Foto 40. Apresentação e discussão de resultados



Foto 41. Avaliação do curso e estabelecimento do plano de ação.

6.2.3. Proposta de apoio ao monitoramento sustentável do uso da água.

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

Mediante a aplicação da metodologia ISA_AGUA, foi possível selecionar as áreas críticas onde se deve monitorar sistematicamente a qualidade das águas superficiais pela Agência Oficial de Controle Ambiental.

Para as águas superficiais, existem duas periodicidades de monitoramento, dependendo das condições de regime hídrico.

A primeira se trata da calha do Rio São Francisco, que deve ser avaliada com periodicidade mensal ou quinzenal, devido as mudanças frequentes nos parametros de qualidade das águas, conforme verificado neste estudo. Neste caso, foram selecionadas 8 áreas críticas de monitoramento, representadas por círculos vermelhos na Figura 29.

A outra, se refere as águas dos tributários e açudes da região, que neste caso, devem ser avaliadas com periodicidade trimestral ou bimestral. Para esta, foram selecionadas 16 áreas críticas, representadas por círculos verdes na Figura 29.

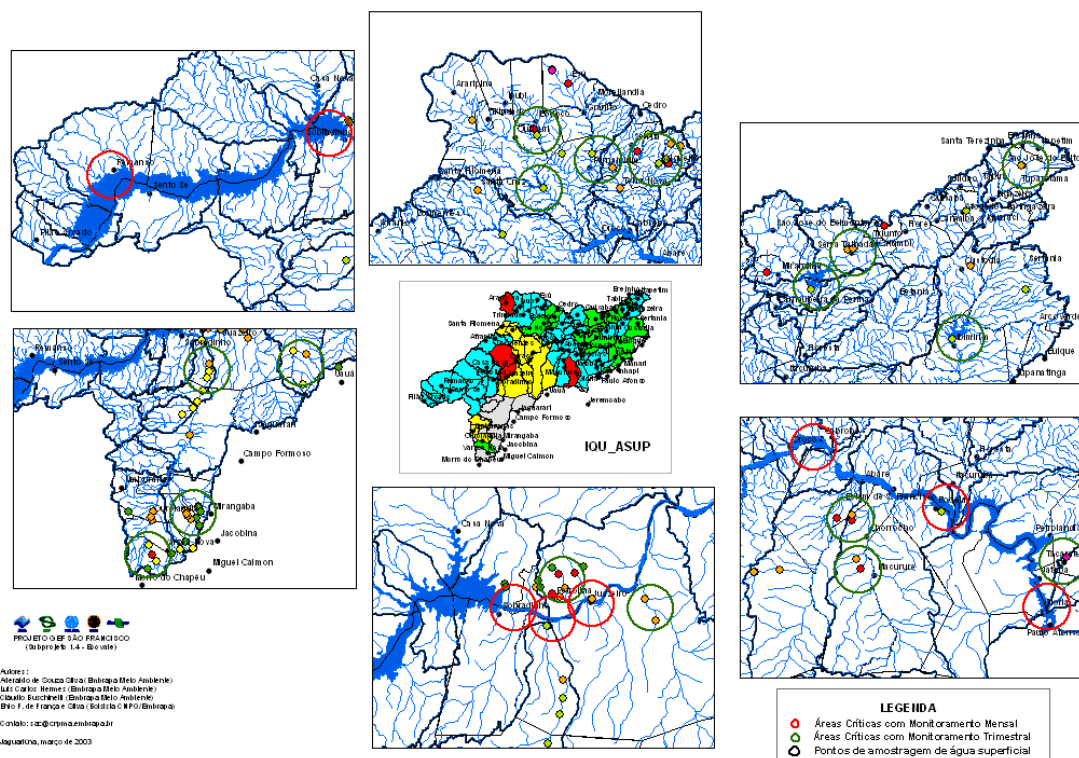


Figura 29. Pontos de monitoramento das águas superficiais segundo a metodologia ISA_Água na região do submédio do rio São Francisco.

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

O mesmo procedimento permitiu selecionar as áreas críticas para o controle dos recursos hídricos subterrâneos.

Neste caso, o regime hídrico é muito mais estável não necessitando de monitoramento com periodicidade menor que 6 meses. Foram selecionadas 23 áreas críticas representadas por círculos laranja na Figura 30.

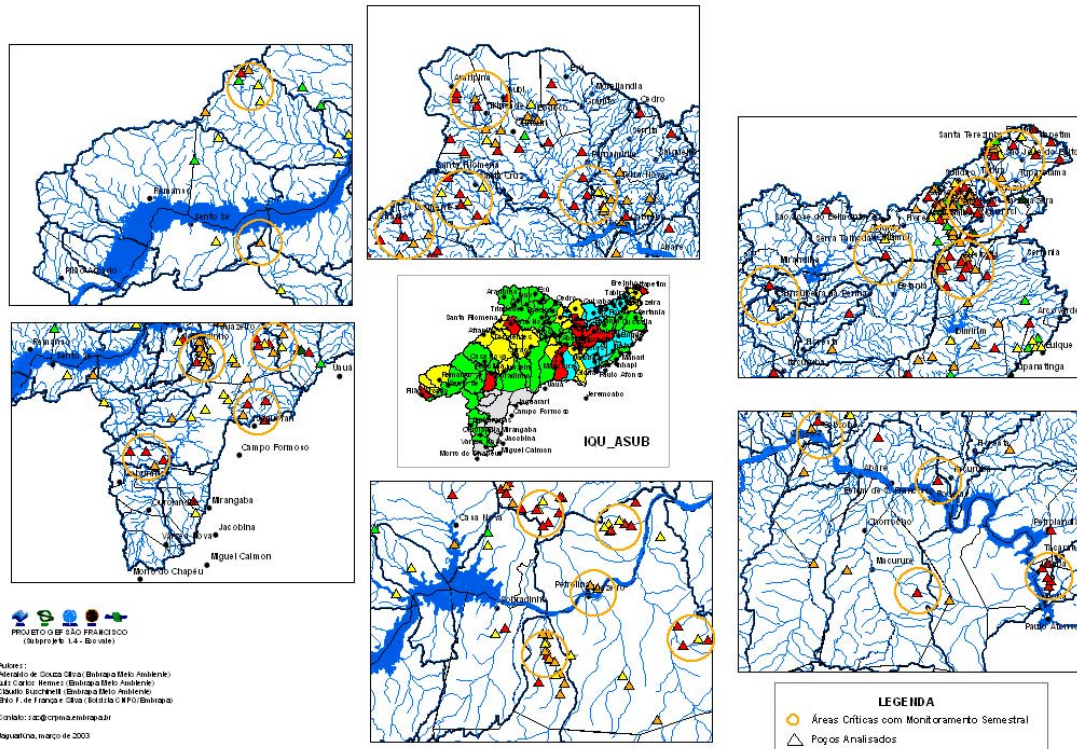


Figura 30. Pontos de monitoramento das águas subterrâneas segundo a metodologia ISA_Água na região do submédio do rio São Francisco.

É importante destacar que esta recomendação de pontos de monitoramento é complementar a formação da rede de monitores ou de agentes voluntários de água, conforme descrito a seguir.

6.3. A formação da rede (capilaridade)

As atividades dos AAVs, foi consolidada com uma infra-estrutura mínima, em cada núcleos de apoio aos Comitês de bacia. Esta infra-estrutura consistiu de Ekokits, um laboratório móvel (realiza até sessenta e duas análises de água, incluindo metais pesados) e um ponto para internet de alta velocidade instalado em computador multimídia.

Estes equipamentos devem ficar preferencialmente no escritório técnico de apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica. Assim, a equipe de agentes que pertencem a uma determinada localidade, poderá integrar-se a outras equipes, trocando informações e sendo retroalimentado

com informações mais avançadas pelo Sistema de Informações Ambiental (EcoSiam), desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente.

Para que se tenha uma idéia da capilaridade desta rede, na Figura 31 é apresentado um modelo esquemático do funcionamento dessa rede.

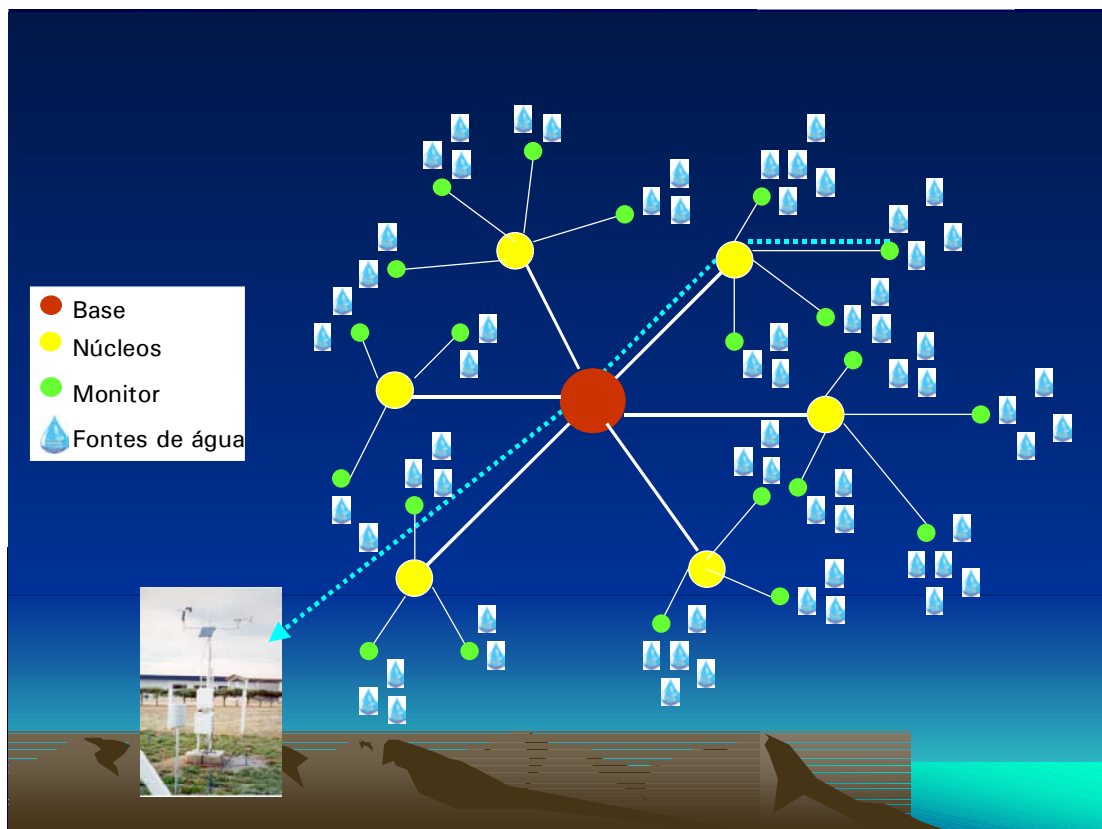


Figura 31. Modelo de rede de monitoramento.

A escola é o centro aglutinador das informações sobre qualidade de águas, obtidas através dos agentes (alunos) que, periodicamente, monitoram as fontes localizadas próximo aos lugares onde moram. As amostras de água são colhidas pelo aluno que realiza alguns parâmetros no próprio local, sendo os demais analisados sob a supervisão do responsável pelo núcleo/base (professores). 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 do núcleo envia os resultados do monitoramento via internet ou de qualquer outra forma para o responsável da 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 (EcoSiam). Este fluxo de informações é retroalimentado e permite a identificação de áreas problemáticas, em um tempo muito curto, possibilitando ações mitigadoras mais rápidas.

Na Figura 32 pode-se observar a distribuição espacial e a formação em rede da base principal da região e núcleos interligados com os respectivos pontos amostrais.

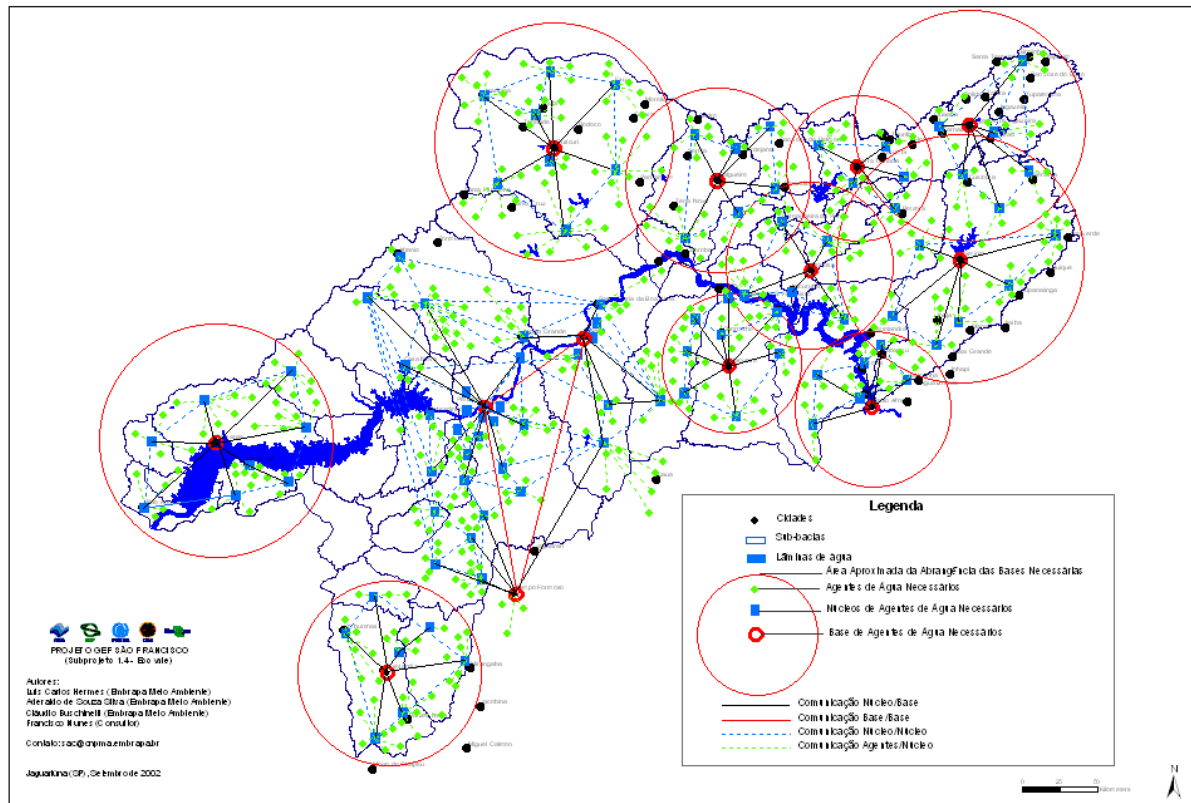


Figura 32. Núcleos de Inventário do Uso Sustentável da Água e estimativa do número de Núcleos e de Agentes de Água Voluntários, necessários para as 35 sub-bacias da Região do Submédio do Rio São Francisco.

6.4. Bases e monitores formados na região

Na região do Submédio do rio São Francisco as atividades foram concentradas em cinco bases localizadas em Juazeiro, Curaçá, Campo Formoso no estado da Bahia e Perímetro Irrigado de Bebedouro e Petrolina no estado de Pernambuco onde foram formados quarenta e seis núcleos (grassroots) de monitoramento, com aproximadamente 321 agentes formados.

BASE	NUCLEOS	AGENTES
CURAÇÁ	5	63
PETROLINA	6	71
BEBEDOURO	5	44
JUAZEIRO-I	25	106
CAMPO FORMOSO	5	37
TOTAL	46	321

Para todos os grupos formados a meta principal apontada foi o repasse da metodologia para outros grupos de pessoas de modo a atingir o maior número de fontes de água de cada região, possibilitando um diagnóstico mais preciso de forma que as respostas sejam adequadas e eficientes.

6.4. 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 e constará de um sistema de informação com base no protocolo de comunicação de Internet, como suporte de acesso às informações privilegiadas em diferentes níveis de acesso.

Disponibilizará informações técnicas provenientes de estações hidro-edafoclimáticas e de coletores eletrônicos de campo. Por meio deste serviço os usuários serão informados de todas as atividades ligadas ao uso sustentável da água, 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.

7. CONCLUSÕES

Índice do perfil ecológico (IP_ECOL)

- O uso de técnicas de geoprocessamento permitiu o cruzamento e o processamento de 517 variáveis e a obtenção dos mapas temáticos relativos a cada índice.
- A poluição das águas, de maneira geral, esteve associada às atividades antrópicas.
- O Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT) revelou grande variação na cobertura vegetal da região, distinguindo como de maior vegetação o extremo sudeste e o extremo sudoeste do Submédio São Francisco.
- A sub-bacia do Baixo Sobradinho apresenta elevada suscetibilidade à erosão, enquanto as sub-bacias do Riacho Bazuá e Riacho do Morim, apresentam valores regulares de Índice de degradação ambiental dos solos (IDS_SAT).
- As áreas com alto Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT) incluem a sub-bacia do Médio Alto Pajeú no nordeste da região e a sub-bacia Riacho Poção.
- Em grandes áreas urbanizadas como Petrolina e Juazeiro, o IDU_SAT é de certa forma diluído devido ao tamanho relativo da sub-bacia.
- Com o aumento de concentração urbana, há conseqüentemente um aumento da degradação da qualidade das águas, decorrentes principalmente de lançamentos de cargas poluidoras originárias dos esgotos urbanos e industriais.
- Áreas irrigadas com práticas de manejo inadequadas foram as grandes fontes de alteração da qualidade dos recursos hídricos.
- A avaliação da qualidade das águas subsidia medidas de gestão e de manejo visando à redução da salinidade do solo e da água e a obtenção de maiores produtividades.
- Na região do Alto Salitre, no período das chuvas, a quantidade de sais dissolvidos STD variou de 0,23 g L⁻¹ em um poço jorrante a 1,87 g L⁻¹ na água coletada em lago localizado após área utilizada para irrigação.

- 24,65% dos municípios da região do Submédio São Francisco apresentaram na água subterrânea, os teores de sais dissolvidos variando de 0,14 a 0,42 g L⁻¹ de sal, o que as classifica como água doce. Os municípios restantes apresentam água salobra.
- As sub-bacias com maior carga de agrotóxicos (Riacho Poção, Riacho das Graças e Baixo Sobradinho) localizam-se no entorno da maior aglomeração urbana da região (Petrolina e Juazeiro).
- 54,1% da região da sub-bacia do Submédio São Francisco apresenta elevado índice de déficit hídrico enquanto 31,6% apresenta alto índice.
- O índice de qualidade ambiental das fontes de água (IQA_Fonte) demonstrou que o volume estimado de efluentes lançados diariamente pelas fontes potenciais de poluição cadastradas ficou concentrado (81,4%) entre nos valores de 1 a 50 m³.
- 51,7% das fontes potenciais de poluição cadastradas descarta o lixo diretamente no meio ambiente e 46,2% das fontes o eliminam no sistema de coleta de prefeitura.
- 48,3% dos efluentes lançados pelas indústrias da região contêm água e matéria orgânica, seguida por 24,1% de água e outros compostos químicos como fosfatos, nitratos, carbonatos, sendo 97,2% lançados diretamente no meio ambiente.
- A destinação final dos efluentes dos banheiros e de água de lavagem é respectivamente 66,8% e 77% descartados no meio ambiente diretamente, a céu aberto.

Índice do Perfil Econômico (IP_ECON)

- Somente Petrolina, PE apresentou IP_SOCI elevado, seguido de Juazeiro, BA com IP_SOCI alto, enquanto 89% dos municípios restantes apresentaram condição social baixa.

Índice do Perfil Social (IP_SOCI)

- 97,8% dos 73 municípios pesquisados (63 municípios) apresentaram IP_ECON baixo, devido a falta de infraestrutura básica para produção e educação.

Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso das Águas (ISA_ÁGUA)

- 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, servindo como suporte à gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas.
- Por meio do ISA_Água foi verificado que 78% dos municípios que compõem a Bacia do Submédio São Francisco exigem medidas ambientais restritivas e mitigadoras em curto prazo, 11% exigem monitoração ambiental e medidas mitigadoras de curto prazo e para o restante é conveniente um programa de educação ambiental.
- O ISA_Água permitiu observar 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 ao longo da calha do rio.

- 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.

Monitoramento sustentável do uso da água

- 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 detectadas, durante o monitoramento ambiental.
- Os cursos formadores dos agentes de água treinaram 400 agentes que passaram a atuar nas suas comunidades visando a proteção da água disponível.
- Para o monitoramento dos recursos hídricos foram essenciais os conhecimentos técnicos adquiridos durante o curso de formação de agentes de água e o uso de ferramenta para análise da qualidade da água de baixo custo como o Ecolit.
- A utilização de sondas multiparâmetros possibilitou o inventário rápido para grandes áreas agilizando a tomada de decisões na solução dos problemas encontrados.
- Dos 73 municípios do Submédio, 56,16% apresentaram água de boa qualidade, 28,77% qualidade regular e 15% de má qualidade, estas localizadas nos municípios de Petrolina, Araripina e Macurure.
- Das 125 determinações qualitativas de coliformes totais e fecais, concentradas nos municípios de Petrolina e Juazeiro, 33,6% das amostras apresentaram coliformes totais e 20,8% coliformes fecais.

8. RECOMENDAÇÕES

8.1. Recomendações de caráter geral

- Recomenda-se medidas preventivas e corretivas de salinidade e sodicidade, como correção do solo, lixiviação e drenagem, manejo do solo e uso adequado de fertilizantes, bem como, identificação da origem dos elevados níveis de nitrato nas fontes hídricas.
- Desenvolvimento de projetos em parceria com instituições locais para recuperação de áreas salinizadas.
- Desenvolvimento de projetos alternativos e de baixo custo para remoção de sais das águas subterrâneas.
- Fortalecimento de ações junto aos pequenos produtores, especialmente aos que usam água subterrânea para irrigação,

8.2. Proposta de continuidade do Subprojeto 1.4

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

- Estudar a relação entre a proliferação das algas nocivas e as características físico-químicas com ênfase, na dinâmica de ferro e manganês, da água de mananciais de abastecimento público na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, visando propostas de melhoria na qualidade da água bruta a ser tratada, tais como adoção de tomadas de água seletiva e obtenção de meios de controle do surgimento de florações, principalmente onde não há opção de substituição do manancial. E buscar sua aplicabilidade para outras sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco.

Objetivos Específicos:

- Monitorar e avaliar os seguintes parâmetros físico-químicos: Cloretos, Ferro, Manganês, Temperatura, Cor, Turbidez, pH, Salinidade, Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Amoniacal, Ortofosfato, Fósforo total, Nitrito, Nitrato, Sílica.
- Monitorar e avaliar os seguintes parâmetros de caracterização da comunidade biológica: Clorofila a, algas.
- Identificar fontes de nutrientes;
- Correlacionar dados de quantidade e qualidade da água;
- Estabelecer correlações entre as alterações da qualidade da água e as atividades exercidas na área da bacia;
- Estabelecer diferenciação entre a dinâmica ocorrida nos reservatórios livre de aporte de cargas poluidoras e aqueles sujeitos a cargas poluidoras.
- Avaliar a influências das características físico-químicas e ambientais na proliferação das algas nocivas encontradas nos mananciais;
- Implantar um sistema de monitoramento ambiental participativo de qualidade de água na bacia do rio Pajeú.

ORÇAMENTO (US\$ 1,00)

DISCRIMINAÇÃO	ANO I	ANO II	TOTAL
Consultores	53,400.00	55,400.00	108,800.00
Viagens	20,889.00	20,889.00	41,778.00
Subtotal	74,289	76,289	150,578
Material de consumo	2,780.00	2,500.00	5,280.00
Material Permanente	56,438.00	61,800.00	118,238.00
Outros	1,466.00	1,500.00	2,966.00
Subtotal	60,684	65,800	126,484
TOTAL GERAL			277,062.00

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE
QUALIDADE DE ÁGUA NO SUBMÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO:
ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO USO DA ÁGUA (ISA_ÁGUA)**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
2. PROPOSTA METODOLÓGICA DO USO SUSTENTAVEL DA ÁGUA	2
2.1. Base conceitual	2
2.2. Considerações metodológicas	3
2.2.1. Perfil Ecológico	4
2.2.2. Perfil Econômico	5
2.2.3. Perfil Social	5
2.3. Análise Multivariada	6
2.3.1. Análise fatorial	7
2.3.2. Análise de agrupamento	7
2.4. Fatores e Indicadores que Interferem na Qualidade da Água	8
3. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO	9
4. CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA	11
4.1. Perfil Ecológico	11
4.1.1. Índice de Cobertura Vegetal – ICV_SAT	11
4.1.2. Índice de Degradação Potencial dos Solos - IDS_SAT	14
4.1.3. Índice de Densidade Urbana – IDU_SAT	16
4.1.4. Índice de Degradação Ambiental Potencial do Uso da Água - IDA_SAT	18
4.1.5. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Superficiais (IQU_ASUP)	21
4.1.6. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas (IQU_ASUB)	24
4.1.7. Índice de Carga de Agrotóxicos da Fruticultura Irrigada (ICA_FRUT)	26
4.1.8. Índice do Déficit Hídrico (IDE_BHID)	28
4.1.9. Índice de Qualidade Ambiental das Fontes de Água (IQA_Fonte)	31
4.2. Índice do Perfil Ecológico (IP_Ecol)	39
4.2.1. Disposição de Resíduos	39
4.2.2. Concentração Fundiária	39
4.2.3. Déficit Hídrico	40
4.2.4. Atividades de Mineração	40
4.3. Índice do Perfil Econômico (IP_Econ)	45
4.3.1. Gastos Públicos em Infra-estrutura	45
4.3.2. Fruticultura Irrigada	46
4.3.3. Agricultura de Sequeiro (dependente de chuva)	46
4.3.4. Outras Culturas de Comercialização Sazonal	46
4.4. Índice do Perfil Social (IP_SOCI)	50
4.4.1. Atendimento à Saúde	52
4.4.2. Sistema Educacional	52

4.4.3. Serviços Básicos	53
4.4.4. Oferta de Emprego	53
5. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA	56
5.1. Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_Água)	58
5.1.1. Dinâmica da Poluição Urbana e Uso de Água	59
5.1.2. Gestão Ambiental da Agricultura Irrigada	59
5.1.3. Agricultura Familiar e Pecuária	60
5.1.4. Qualidade de Vida e Segurança Alimentar	61
5.2. Matriz multivariada de análise causal	66
5.3. Co-validação do ISA_ÁGUA	72
5.3.1. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	72
5.3.2. Estudo comparativo: IDH Versus ISA_ÁGUA	75
5.4. Matriz multivariada de análise causal	66
6. MONITORAMENTO DO USO SUSTENTAVEL DA ÁGUA	77
6.1. Estudos Básicos	77
6.2. Seleção e treinamento de Agentes de Água Voluntários (AAVs)	79
6.2.1. Treinamento de Agentes Voluntários para Cadastro de corpos de água:	79
6.2.2. Treinamento de Agentes Ambientais Voluntários (AAV's) para o	80
Monitoramento da qualidade de água	
6.3. Estudos de campo - amostragem georreferenciada	82
6.3.1. Determinações por Sistema Global de Posicionamento (GPS)	83
6.3.2. Nivelamento por GPS	84
6.4. Monitoramento de Água e Rastreabilidade das Fontes Potenciais de Poluição	86
8.5. Sistema de Informação Ambiental do Uso da Água (Eco_Siam)	86
7. CONCLUSÕES	88
8. RECOMENDAÇÕES	91
8.1. Recomendações de caráter geral	91
8.2. Proposta de continuidade do Subprojeto 1.4	93
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
9.1. Sobre a área do Estudo	93
9.2. Gerais	93
10. ATORES	96
10.1. Entidades governamentais e não-governamentais	96
10.2. Equipe do Subprojeto	97
10.3. Pessoas direta e indiretamente envolvidos no projeto	103

ANEXOS

1. PROPOSTA DE CONTINUIDADE DO SUBPROJETO 1.4

2. CURSO DE FORMAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS VOLUNTÁRIOS, (RELATÓRIO FINAL)

3. ENVOLVIMENTO DAS PREFEITURAS MUNICIPAIS NO INVENTÁRIO SOCIOECONÔMICO E ECOLÓGICO DA REGIÃO (RELATÓRIO FINAL)
4. CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS PELO MÉTODO DE OTTO PFAFSTERTTER (RELATÓRIO FINAL)
5. MAPEAMENTO TEMÁTICO DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL PARA A REGIÃO DO SUB-MÉDIO SÃO FRANCISCO (RELATÓRIO FINAL)
6. LEVANTAMENTO GEORREFERENCIADO DE FONTES DE POLUIÇÃO, CORPOS DE ÁGUA E INFORMAÇÕES AMBIENTAIS SOBRE OS MUNICÍPIOS DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO (RELATÓRIO FINAL)
7. INVENTÁRIO DOS INDICADORES RELEVANTES DAS DIMENSÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS DA REGIÃO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO. (RELATÓRIO FINAL)
8. MAPEAMENTO TEMÁTICO DOS INDICADORES DE DEGRADAÇÃO HÍDRICA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SUB-MÉDIO DO RIO SÃO FRANCISCO (RELATÓRIO FINAL)
9. QUALIDADE AMBIENTAL DOS ESTABELECIMENTOS E DAS GLEBAS RURAIS DA REGIÃO DO SUB-MÉDIO SÃO FRANCISCO

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa da localização geral da área de estudo na região do Submédio do rio São Francisco, abrangendo parte os estados da Bahia e Pernambuco.	2
2. Modelo esquemático de integração dos perfis social, econômico e ecológico utilizado na construção do Desenvolvimento Sustentável do Uso da Água.	4
3. Relação dos indicadores utilizados nas análises multivariadas para a construção do desenvolvimento sustentável do uso da água na região do Submédio do Rio São Francisco.	6
4. Fatores e indicadores sociais que interferem na qualidade das águas.	8
5. Esquema metodológico geral do tratamento da informação.	10
6. Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	13
7. Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	15
8. Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	17
9. Índice de Degradação Ambiental Potencial do Uso da Água (IDA_SAT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco	20
10. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Superficiais (IQU_ASUP) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	23
11. Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas (IQU_ASUB) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	25
12. Índice da Carga de Agrotóxicos (ICA_FRUT) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	27

13. Índice do Déficit Hídrico dos Municípios (IDE_BHID) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	30
14. Distribuição da pontuação das fontes de água superficiais e profundas em relação aos requisitos da norma ISO 14.001	35
15. Índice de Qualidade Ambiental das Fontes de Água (IQA_Fonte), em 35 Sub-bacias hidrográficas, na região do Submédio do rio São Francisco, segundo sugestões da norma ISO 14.001.	38
16. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) em 35 na região do Submédio do rio São Francisco, abrangendo 35 sub-bacias e 73 municípios da região.	44
17. Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) na região do Submédio do rio São Francisco, abrangendo 35 sub-bacias e 73 municípios da região.	49
18. Índice do Perfil Social (IP_SOCI) na região do Submédio do rio São Francisco, abrangendo 35 sub-bacias e 73 municípios da região.	55
19. Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA-ÁGUA) em 35 Sub-bacias hidrográficas na região do Submédio do rio São Francisco.	62
20. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) por Sub-bacia hidrográfica na região do Submédio do rio São Francisco, abrangendo 35 sub-bacias e 73 municípios da região.	73
21. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA-ÁGUA) com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) em 35 Sub-bacias hidrográficas da região do Submédio do rio São Francisco.	76
22. Modelo da rede de monitoramento.	81
23. Núcleos de monitoramento sustentável do uso da água e estimativa do número de Núcleos e de Agentes de Água Voluntários necessários ao monitoramento das 35 Bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco	85
24. Pontos de amostragem e de monitoramento georreferenciado de qualidade de água na região do Submédio do Rio São Francisco em 35 Sub-bacias Hidrográficas, classificadas por taxonomia numérica.	87

LISTA DE QUADROS

1. Agrupamento do Índice de Déficit Hídrico (IDE_BHID) médio de água de chuva, em mm por mês (Cluster means), entre os meses de março a dezembro, nas 35 sub-bacias hidrográficas estudadas na região do Submédio do rio São Francisco.	29
2. Parâmetros do modelo matemático linear, que estima o Índice do Déficit Hídrico (IDE_BHID) por sub-bacia hidrográfica em função da Evapotranspiração Potencial - Etp, Etp, Precipitação, Temperatura média - T, Evapotranspiração real - ETr e do Déficit hídrico.	29
3. Comparação entre o PDRH e os requisitos de um sistema de gestão ambiental de acordo com a norma ISO 14.001	32
4. Índice de Qualidade Ambiental da Fonte de Água (IQA_Fonte) de 35 sub-bacias e 73 municípios da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco: Estudo de caso na região do Submédio. Período: 1998 - 2002.	36
5. Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) de 35 Sub-bacias, abrangendo 73 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Estudo de caso na região do Submédio. Período: 1998 - 2002.	42
6. Classificação das dez (10) variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que compõem o Perfil econômico da região do Submédio do rio São Francisco, por meio do método "stepwise", que introduz na análise discriminante	45

uma variável de cada vez.	
7. Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) de 35 Sub-bacias, abrangendo 73 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Estudo de caso na região do Submédio. Período: 1998 - 2002.	47
8. Classificação das dez (10) variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que compõem o Perfil social da região do Submédio do rio São Francisco, por meio do método "stepwise", que introduz na análise discriminante uma variável de cada vez.	50
9. Índice do Perfil Social (IP_SOCI) de 35 Sub-bacias, abrangendo 73 municípios da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco: Estudo de caso na região do Submédio. Período: 1998 - 2002.	51
10. Classificação das dez (10) variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que compõem o Uso Sustentável da Água na região do Submédio do rio São Francisco, por meio do método "stepwise". Os parâmetros abaixo relacionados em forma hierárquica, expressam o resultado da matriz integrada com 571 variáveis, pertencentes aos perfis ecológico, econômico e social.	56
11. Uso Sustentável da Água: Classificação e hierarquização de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio. – Período: 1998-2002.	57
12. Classificação e hierarquização de 73 municípios, pertencentes a 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco, em função da análise de agrupamento (Cluster Analysis) do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (Clus_ISA) e sua interação com as dimensões ecológica, econômica e social.	64
13. 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 do rio São Francisco – Síntese.	66
14. 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 (2002)	68
15. Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Sociais, Econômicos e Ecológicos e no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco – Propostas	70
16. Índice de Desenvolvimento Humano: Classificação e hierarquização de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio. - Período: 1998-2002.	74
17. Localização de sedes municipais que poderão funcionar, como Entidades Técnicas Virtuais, para gestão de estudos ambientais na bacia do rio São Francisco, por serem altamente representativas de centenas de municípios, que detém condições geoambientais similares ou homogêneas, da bacia em forma global.	87
18. Relação dos subprojetos contemplados pela proposta, para a bacia hidrográfica do rio São Francisco, alcançados por meio da análise da matriz causal, obtida de análise multivariada.	96

LISTA DE FOTOS

1. Aluna da escola Antonio Nunes dos Santos (Base de Bebedouro/PE) repassando a técnica do uso de Ekokits para AAV's de outros núcleos.	80
2. Ponto de amostragem de qualidade de água na margem esquerda do rio São	83

Francisco no município de Paulo Afonso (BA) georreferenciadas com equipamentos de Posicionamento Global por Satélite (GPS).

LISTA DE ABREVIATURAS

AAV's	Agentes de Água Voluntários
ACP	Análise de Componentes Principais
AMC	Análise da Matriz Causal
ANA	Agência Nacional de Águas
ANP	Agência Nacional do Petróleo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CMMA	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEF	Global Environment Facility
GPS	Global Position System
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA_FRUT	Índice de Carga de Agrotóxicos da Fruticultura Irrigada
ICV_SAT	Índice de Cobertura Vegetal
IDA_SAT	Índice de Degradação Ambiental Potencial do Uso da Água
IDE_BHID	Índice do Déficit Hídrico
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDS_SAT	Índice de Degradação Potencial dos Solos
IDU_SAT	Índice de Densidade Urbana
IEF	Índice de Escoamento Fluvial
IEP	Índice de Erodibilidade Potencial
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IP_Ecol	Índice do Perfil Ecológico
IP_Econ	Índice do Perfil Econômico
IP_Soci	Índice do Perfil Social
IQA	Índice de Qualidade da Água
IQA_Fonte	Índice de Qualidade Ambiental da Fonte de Água
IQU_ASUB	Índice de Qualidade Ambiental do Uso das Águas Subterrâneas
IRL	Índice de Relevância
ISA_ÁGUA	Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água
ITEP	Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco
IUB	Índice de Urbanização
IV	Índice de Vegetação
MAMs	Métodos de Acesso Multidimensionais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OEA	Organização dos Estados Americanos
OG's	Organizações Governamentais
ONG's	Organizações não Governamentais

PDRH	Plano Diretor de Recursos Hídricos
PGRH	Plano de Gestão de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PIF	Produção Integrada de Frutas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGBD's	Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados
SIAM_BH	Sistema de Informação Ambiental de Bacia Hidrográfica
SIAMBR	Sistema de Informações Ambientais
SIG	Sistema de Informação Geográfico