

CAPÍTULO 5

Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA)

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

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

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

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

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

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

Obs: $R^2 = 0.9191$

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

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

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

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

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

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

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

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

continua...

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

...continuação

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

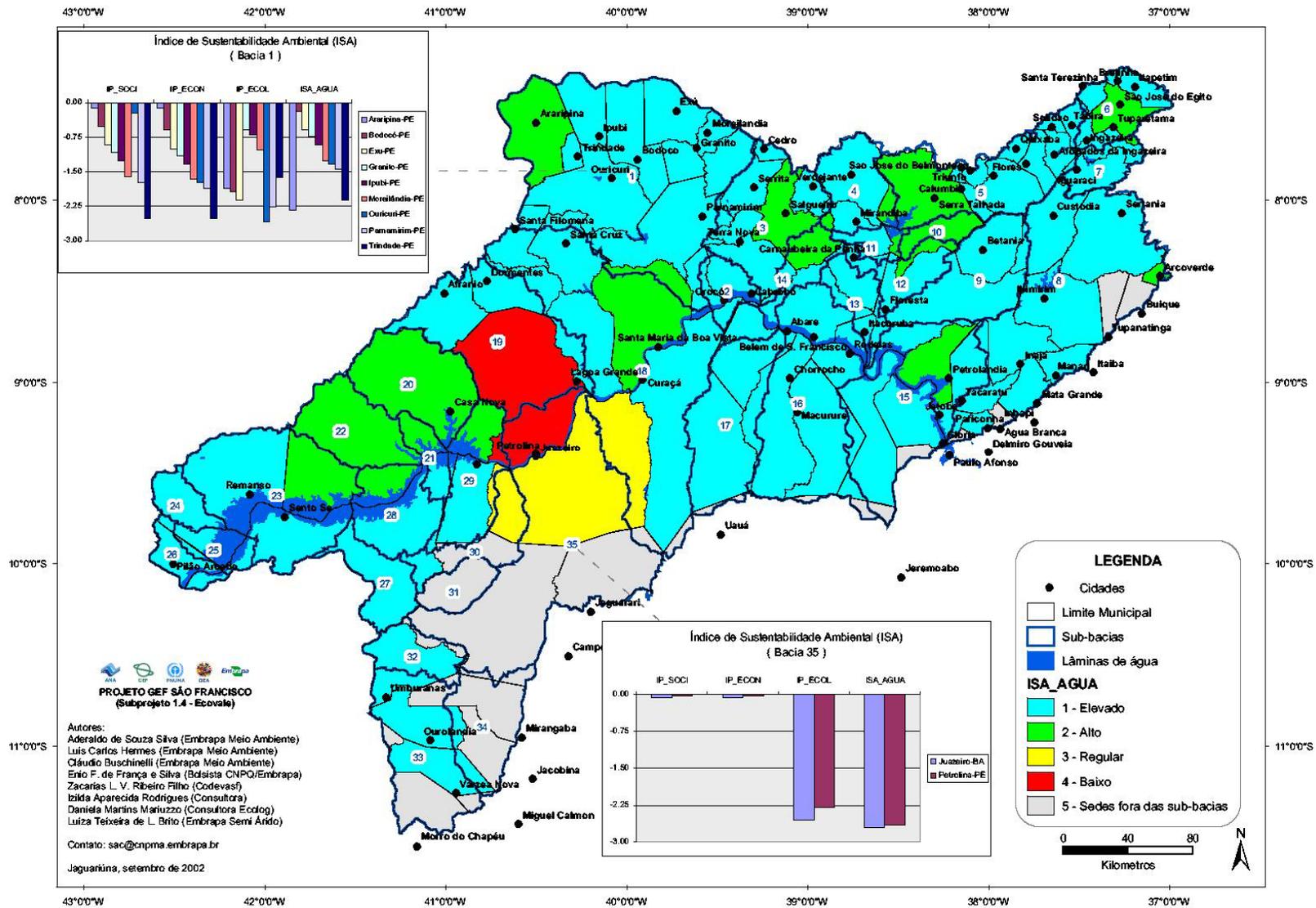


Fig. 5.1. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) abrangendo 35 Sub-bacias hidrográficas e 73 municípios da região do Submédio São Francisco.

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

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

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

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

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

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

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

5.1. Matriz multivariada de análise causal

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

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

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

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

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

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

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

continua...

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

...continuação

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

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

| PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO | PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI) |
|---|---|
| 1) Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) sobre a qualidade das águas de usos múltiplos em função das atividades agroindustriais, industriais, comerciais e de serviços públicos na região da bacia hidrográfica do rio São Francisco | 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 São Francisco | - Construção dos perfis sociais e econômicos da bacia do rio São Francisco com base no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade definidos a partir de dados secundários envolvendo instituições federais, estaduais e municipais. |
| 3) Estruturação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com base em Indicadores Universais, de qualidade de água. | b) Desenvolvimento de mapas temáticos digitais de sustentabilidade do uso da água: - Índice do perfil social (IP_SOCI); - Índice do perfil econômico (IP_ECON); - Índice do perfil ecológico (IP_ÉCOL); - Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_Água). |
| 4) Documentos técnicos para mitigação e controle dos poluentes prioritários | 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, visando às escolas do ensino fundamental e médio. |

continua...

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

...continuação

| PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO | PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI) |
|--|--|
| 5) Planta piloto de monitoramento "on line" de qualidade das águas de usos múltiplos | <p>d) Instalação de estações automáticas de alerta nas sub-bacias hidrográficas prioritárias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Locação e instalação de estações de alerta em sub-bacias hidrográficas com elevado índice de degradação hídrica. Particularmente naqueles pontos de amostragem georreferenciados, com índices críticos. |
| 6) Indicadores socioeconômicos e ambientais da região do Submédio São Francisco | <p>e) Proposta de racionalização do uso de água de âmbito regional:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnologias inovadoras de "Boas Práticas Agrícolas", agroindustriais e de racionalização do uso da água (políticas públicas). |
| 7) Treinamento e envolvimento da comunidade | <p>f) Desenvolvimento de um programa de monitoramento sustentável do uso das águas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formação massiva de Agentes de Água (voluntários da própria comunidade), sobre práticas de educação ambiental e de participação da população, na conservação e fiscalização das águas; - Divulgação de Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos (PGA_RH) relacionada ao uso de "Boas Práticas Agrícolas" e agroindustriais dos serviços públicos municipais. |
| 8) Recomendações para o PAE | <p>g) Desenvolvimento de um programa de divulgação estratégico sobre uso racional da água:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Divulgação e realização de cursos sobre monitoramento de qualidade da água envolvendo alunos das escolas do ensino fundamental e médio. Seminários junto às comunidades incentivando a participação em ações voltadas à sustentabilidade do uso da água, repasse dos resultados alcançados, restauração de áreas e fontes degradadas e fiscalização. |

5.2. Co-validação do ISA_ÁGUA

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

5.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

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

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

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

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

continua...

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

...continuação

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

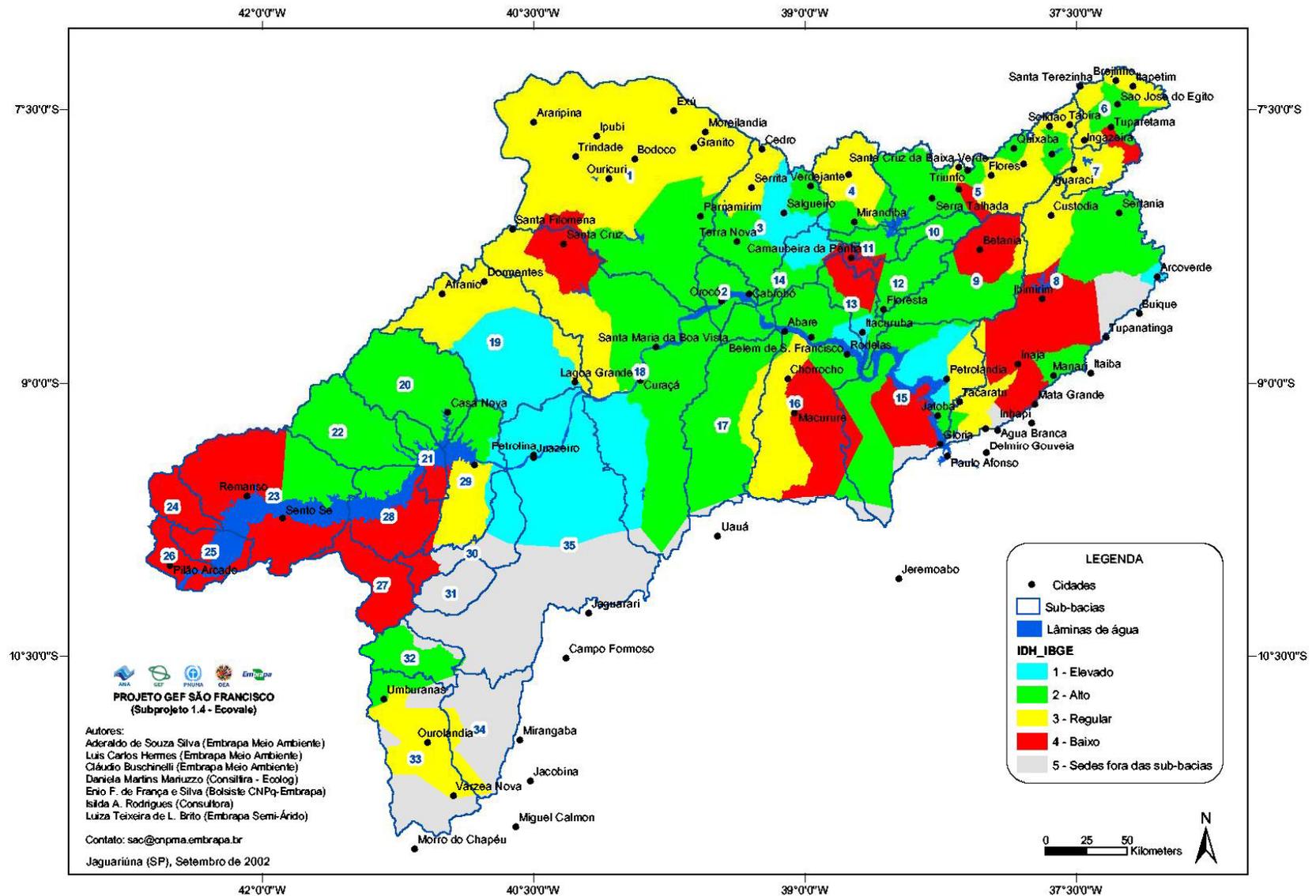


Fig. 5.2. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

5.2.2. Estudo Comparativo IDH *Versus* ISA_ÁGUA

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

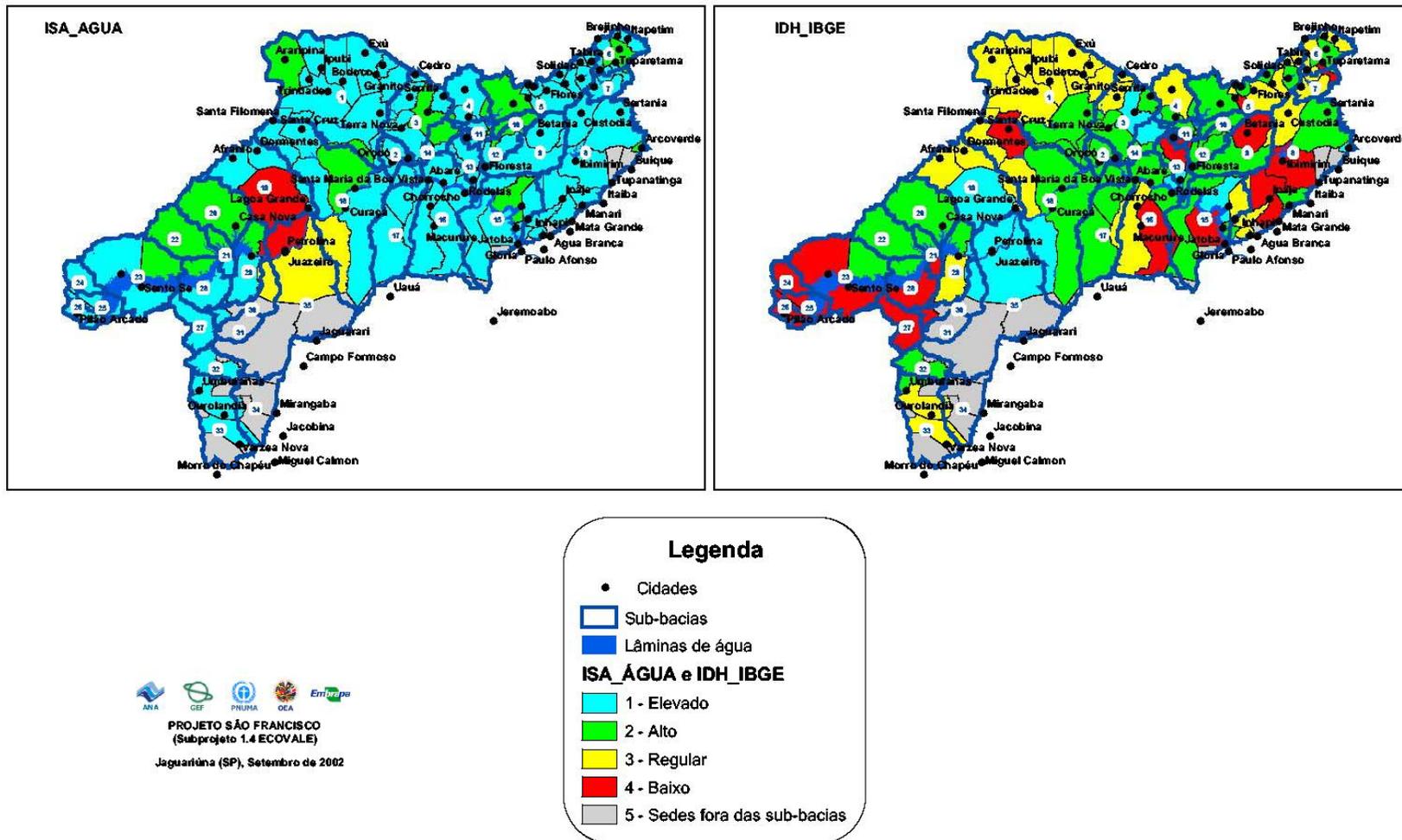


Fig. 5.3. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH_IBGE) dos municípios da região do Submédio São Francisco.

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

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

5.3. Considerações Finais

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

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

5.4. Referências

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

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