



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

Subprojeto 1.5 – Impacto da agricultura nos recursos hídricos subterrâneos da bacia do rio Verde/Jacaré - BA



Resumo Executivo do Relatório Final

IMPACTO DA AGRICULTURA NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA DO RIO VERDE/JACARÉ – BA



Salvador - BA

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

**Subprojeto 1.5 – Impacto da agricultura nos recursos hídricos subterrâneos
da bacia do rio Verde/Jacaré-BA**

Resumo Executivo do Relatório Final

**IMPACTO DA AGRICULTURA NOS RECURSOS
HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA DO RIO
VERDE/JACARÉ - BA**

Coordenação do Subprojeto

Heraldo Peixoto da Silva
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal da Bahia

Pesquisadores Participantes

Heraldo Peixoto da Silva	Dsc	UFBA	Brasil
Everardo Chartuni Mantovani	Dsc	UFV	Brasil
Haroldo Silveira Dória	Dsc	UFS	Brasil
José Llamas	Dsc	LAVAL	Canadá
Ignácio Morell Evangelista	Dsc	Universidade Jaume I	Espanha
Iñaki Antiguiedad	Dsc	Universidad Del País Vasco	Espanha
Ricardo de Sousa Rodrigues	Msc	SRH/BA	Brasil
Ari Medeiros Guerra	Dsc	UFBA	Brasil
José Alberto Sampaio	Msc	UFBA	Brasil
Mário Jorge Gonçalves	Esp	UFBA	Brasil
Antônio Mário Coutinho	Msc	UFBA	Brasil
Semara de Moraes Andrade	Esp	UFBA	Brasil
Robério Bonfim	Msc	SRH/BA	Brasil

Março de 2003

IMPACTO DA AGRICULTURA NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA DO RIO VERDE/JACARÉ - BA

RESUMO EXECUTIVO

INTRODUÇÃO

O subprojeto 1.5 é parte do componente I, Análise Ambiental da Bacia e sua Zona Costeira do Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA).

Intitulado de Impactos da agricultura nos recursos hídricos subterrâneos da bacia do rio Verde/Jacaré, o subprojeto teve como objetivos realizar diagnóstico participativo, com ênfase no conhecimento de aspectos técnico-científicos sobre a hidrodinâmica cárstica característica da região, definir critérios e iniciar a implantação de um sistema piloto de monitoramento em áreas da bacia hidrográfica ocupadas pela agricultura irrigada, para avaliar os impactos sobre a quantidade e qualidade das águas subterrânea e superficial, identificar causas raiz e recomendar medidas mitigadoras.

As metodologias adotadas, as atividades realizadas e em desenvolvimento permitem que as conclusões e recomendações apresentadas sirvam como subsídios e informações de referência para a elaboração do Programa de Gerenciamento Integrado - PGI da bacia do São Francisco pela Agência Nacional de Águas – ANA e para o Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos – PGRH do Estado da Bahia, uma vez que a bacia hidrográfica, objeto do Subprojeto 1.5, está inserida na Região Administrativa de Águas nº 6, considerada piloto pela Superintendência de Recursos Hídricos - SRH do Estado da Bahia.

Também, a execução do subprojeto permitiu que a Universidade Federal da Bahia, enquanto instituição de ensino e pesquisa, através do envolvimento de seus Programas de Pós-graduação em Geoquímica e Meio Ambiente do Instituto de Geociências (Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente – NEHMA) e em Engenharia Agrícola, identificasse, definisse e priorizasse linhas de pesquisas e capacitação para a geração de conhecimentos dirigidos à compreensão da dinâmica hidrogeológica de sistemas cársticos, aplicadas ao monitoramento e à gestão da quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

Destaca-se a importância e necessidade do desenvolvimento dos estudos/pesquisas aplicados à compreensão da dinâmica de sistemas hidrogeológicos complexos considerando a interação entre aquífero/rio e o uso do solo para a geração de informações de referência como apoio à decisão na gestão integrada e conservação dos recursos naturais água e solo.

Neste sentido, o Subprojeto 1.5 traz subsídios para a implementação, através do Programa de Gerenciamento Integrado - PGI da bacia do São Francisco, de sistemas de monitoramento com metodologias adequadas para a identificação de indicadores de impactos, raiz causal e medidas mitigadoras, como instrumento estratégico de gestão para o uso sustentável dos recursos naturais água e solo, considerando a atividade agropecuária enquanto maior usuária desses recursos no âmbito da bacia.

Vale enfatizar que a agricultura é uma atividade produtiva vital e importante setor de suporte para geração de emprego, renda e combate a fome. Pela sua natureza a atividade agrícola imprime forte pressão de uso sobre os recursos naturais água e solo e inevitavelmente produz

impactos negativos, podendo alterar significativamente a dinâmica hidrológica, hidrogeológica e ambiental nas bacias hidrográficas onde se insere.

A implementação das ações do Subprojeto 1.5 foram realizadas através de reuniões, seminários, workshops e campanhas de campo com o envolvimento de técnicos locais, professores/pesquisadores, consultores, usuários, associações de produtores, poder público, empresas públicas, privadas e ONG's, resultando em um diagnóstico participativo. Foram identificados impactos negativos da agricultura intensiva irrigada nos recursos hídricos da bacia, com o levantamento e sistematização de toda informação disponível sobre aspectos geoambientais, caracterização dos usos dos recursos naturais água e solo e riscos de contaminação.

A análise e tratamento dos dados levantados permitiu identificar impactos e causas, medidas mitigadoras e necessidade da geração de informações específicas sobre a zona não saturada e saturada do aquífero, através de pesquisas para a definição de parâmetros que regulam a dinâmica hidrogeológica (recarga, descarga, reserva, vulnerabilidade) do aquífero cárstico, considerando o regime de exploração a que está submetido, para permitir a calibração de modelo(s) de fluxo e transporte como ferramenta de apoio à decisão para a gestão das demandas e proteção da qualidade da água.

A área objeto do Subprojeto 1.5, localiza-se na mesorregião Centro - Norte do território do Estado da Bahia, denominada Microrregião de Irecê, codificada com o número 135. Encontra-se inserida na Chapada Diamantina Setentrional na margem direita do Lago de Sobradinho.

A localização georeferenciada situa a área de abrangência do Subprojeto na parte central do Estado da Bahia, entre as coordenadas 9°56' e 12°28' de latitude sul e 40°47' e 42°53' de longitude oeste, abrangendo os municípios de América Dourada, Barra do Mendes, Brotas de Macaúbas, Gentio do Ouro, Ibipêba, Ibititá, Ipupiara, Itaguaçu da Bahia, João Dourado, Jussara, Lapão, São Gabriel, Xique-Xique, Barro Alto, Cafarnaun, Canarana, Central, Irecê, Presidente Dutra, e Uibaí, os quais estão, total ou parcialmente, inseridos nas bacias dos rios Verde/Jacaré.

Sob a coordenação do professor/pesquisador Dr Heraldo Peixoto da Silva da Universidade Federal da Bahia, as ações, estudos e pesquisas apoiadas pelo Projeto GEF São Francisco, foram realizados por uma equipe multidisciplinar com especialistas brasileiros, espanhóis e canadenses envolvendo diversas universidades desses países e a Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia.

Os resultados são apresentados em 9 capítulos principais e 9 anexos. Os capítulos tratam da caracterização fisiográfica, sócio-econômica e da agricultura da área objeto dos estudos, aborda sobre aspectos hidrogeológicos, identifica indicadores de impactos da atividade agrícola sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, define critérios e procedimentos metodológicos técnicos apropriados para orientar a implantação de um sistema de monitoramento da qualidade e quantidade das águas.

São apresentadas informações de referência para orientar a estruturação e desenvolvimento de modelo hidrogeológico conceitual a ser validado como ferramenta de suporte à decisão, para a gestão das demandas.

Considerando a grande demanda de uso consuntivo da água pela irrigação, um Sistema de Suporte a Decisão Agrícola – SISDA foi introduzido como ferramenta computacional com recursos para orientar a gestão otimizada das demandas hídricas e aferir volumes de água necessários a serem extraídos do aquífero, considerando sua localização espacial e sazonalidade de pressão de demandas.

Foi definida a localização de uma rede de poços de referência e iniciada a medida de níveis piezométricos para avaliação de volume de recarga, rebaixamento e definição de área de influência entre poços, informações fundamentais para modelagem matemática como suporte à decisão na análise técnica da outorga e riscos de conflitos entre usuários.

As metodologias aplicadas no desenvolvimento dos estudos e pesquisas permitiram, a partir da análise criteriosa dos resultados, diagnosticar, concluir e propor recomendações a serem implementadas e ampliadas, definindo procedimentos e custos.

Procedimentos metodológicos foram definidos pelos consultores e professores/pesquisadores da Universidade Federal da Bahia, com a efetiva participação de técnicos do órgão responsável pela gestão pública dos recursos hídricos do Estado a SRH-BA e estudantes de Pós-graduação. Campanhas de coletas de dados de pesquisas em campo foram realizadas e continuam sendo desenvolvidas para a formação do banco de dados necessário para viabilizar a possibilidade de calibração e validação de procedimentos de modelagem.

As atividades desenvolvidas e produtos resultantes de consultorias, sistematizados e integrados permitiram diagnosticar e identificar indicadores de impactos da agricultura na bacia hidrográfica, conhecer a dinâmica dos elementos do clima e conceitualmente compreender a complexidade do sistema rio/aquífero para a estruturação e início da implementação de um modelo de sistema de suporte a decisão para a gestão participativa dos recursos hídricos, em situações onde a irrigação está estabelecida como grande usuária.

O subprojeto estimulou e catalisou importante relação de parceria entre o órgão gestor do Estado a Superintendência de Recursos Hídricos e a Universidade Federal da Bahia, resultando na celebração de importante convênio que permitiu integrar, ampliar ações e dar continuidade às atividades de monitoramento, modelagem e capacitação de pessoal.

Catalisou um processo de mobilização de usuários, do poder público, de empresas públicas e privadas, ONG's e escolas a partir da realização de reuniões técnicas, seminários, workshop e treinamentos.

Permitiu uma integração e estreitamento da relação entre a universidade, a sociedade civil e o poder público local.

1. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA SUB-BACIA DO VERDE/JACARÉ

1.1. Localização

Os rios Verde/Jacaré são afluentes da margem direita do rio São Francisco, sendo que suas bacias hidrográficas abrangem em sua totalidade a Depressão Sanfranciscana, Platô de Irecê e da Chapada Diamantina, correspondendo a uma superfície de aproximadamente 18.150 km².

Tendo como referência a capital do Estado, Salvador, segue pela BR-324 até o município de Feira de Santana, seguindo pelas rodovias BA-052 (Estrada do Feijão), até Irecê e/ou pela BR-242 (Salvador-Brasília). A figura 1 mostra a localização do Subprojeto 1.5 no mapa do Estado da Bahia, dividido em Regiões Administrativas da Água.

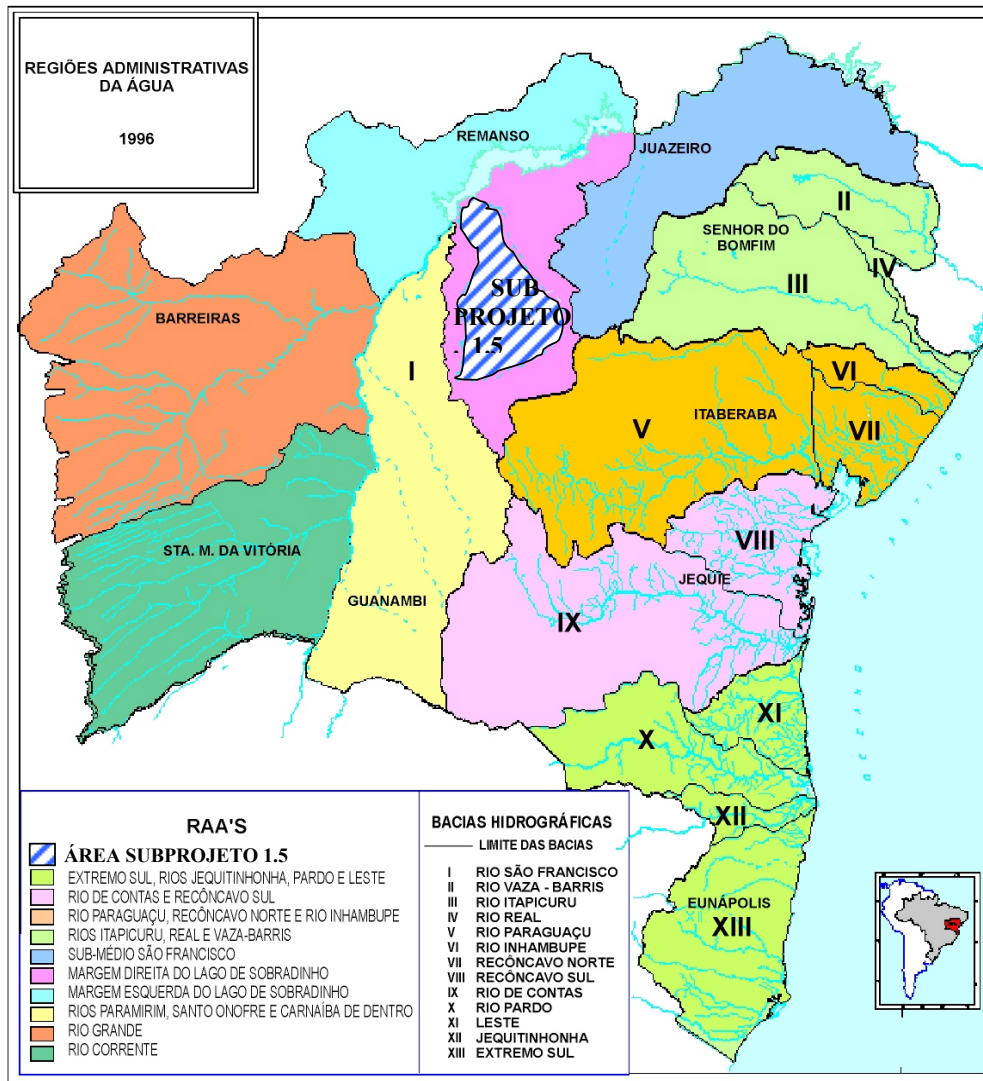


Figura 1. Mapa de subdivisão das regiões administrativas da água e das bacias hidrográficas do Estado da Bahia destacando a área do subprojeto 1.5.
 Fonte: Manual de Outorga (1997).

1.2. Características Geomorfológicas.

As características geomorfológicas da região são marcadas pelas unidades: Chapadas do Morro do Chapéu, Blocos Planálticos Setentrionais, Serras da borda ocidental e pediplanos centrais. O platô calcário de Irecê é uma unidade geomorfológica bem caracterizada por seu relevo tabular suavemente ondulado oscilando em torno da cota média de 700 m de altitude (GUERRA, 1986).

Os vales geralmente apresentam-se assimetricamente, com fundo chato, canais bem encaixados e vertentes abruptas, constituídas por paredões de calcário que chegam a atingir

mais de 50 metros de desnível (BAHIA, 1995). Paredões abruptos são vistos ao longo do rio Jacaré, único sistema de drenagem de porte existente na área (GUERRA, 1986).

A Chapada de Irecê constitui uma chapada descontínua em altitudes que varia de 600 a 800 metros caracterizando-se por uma topografia levemente ondulada, com elevações suaves e sem a formação de escarpas, apesar de localmente apresentar amplitudes consideráveis de variação altimétrica entre o topo e a base (BAHIA, 1995).

A Vereda Romão Gramacho se caracteriza por uma área drenada pelo rio Jacaré, em trecho formado por depósitos cenozóicos. Em superfície, esses depósitos se misturam com detritos mais recentes, os quais, favorecidos pelas condições climáticas locais, compuseram uma mistura de sedimentos fluviais, areias e matações com a massa calcífera, proveniente da dissolução e reprecipitação do carbonato de cálcio. A declividade do leito dos rios é bastante fraca, por vezes invertida, e forma abaciados onde a água se acumula por todo o período de estiagem (BAHIA, 1995).

A figura 2 apresenta uma imagem planialtimétrica que expressa topograficamente a manifestação do relevo dentro dos divisores de água da bacia.

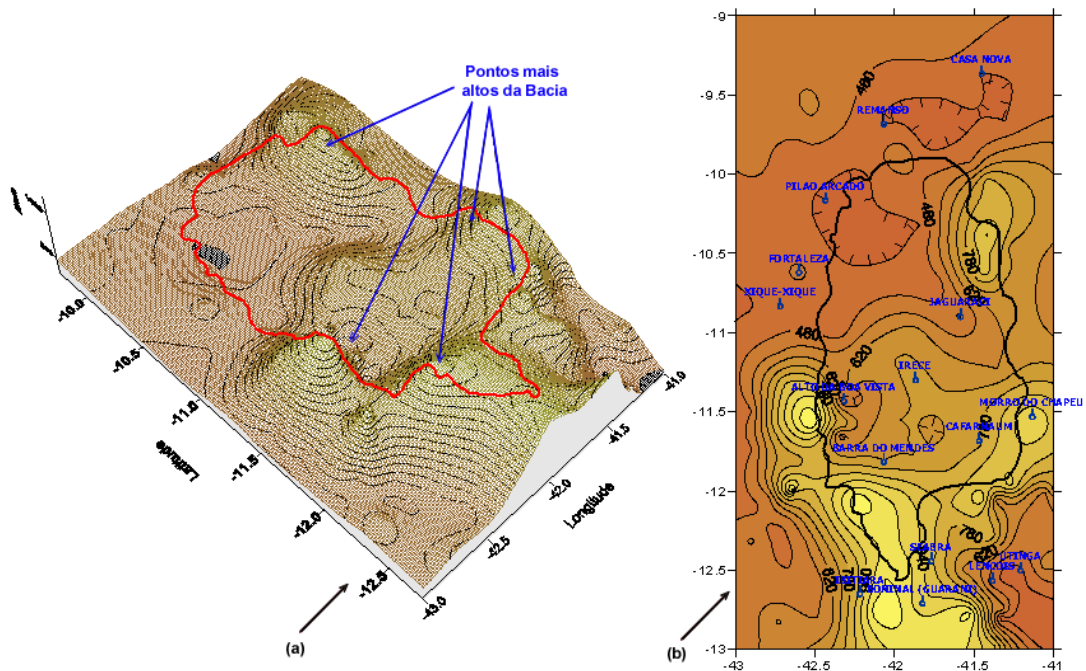


Figura 2. Representação (3D e 2D) da topografia, onde é possível identificar com mais clareza os pontos mais altos da bacia dos rios Verde/Jacaré.
Fonte: Rodrigues, 2002.

1.3. Características Hidrometeorológicas

O clima da região é determinado, em grande parte, pela circulação geral da atmosfera. Esta circulação age algumas vezes no sentido de diminuir as variações regionais dos elementos climáticos e outras vezes acentuando essas diferenças, tais como temperatura e precipitação, as quais têm uma enorme influência nas atividades agrícolas da bacia.

O regime pluviométrico se caracteriza por apresentar um período de chuvas mais intenso de novembro a março, podendo ocorrer chuva nos meses de abril e outubro, variando entre 40 mm a 50 mm/mês, em termos médios.

De maio a setembro os índices de precipitação são insignificantes variando em média de 4 a 14 mm/mês, sendo que o mês de agosto apresenta o menor índice médio de precipitação da ordem de 4,3 mm. O total de volume precipitado médio anual é da ordem de 700,6 mm.

Dada a importância da compreensão da dinâmica do ano hidrológico e tendências, para aplicação no estudo da recarga, da hidrodinâmica e na calibração do Sistema de Suporte a Decisão Agrícola para gestão otimizada do uso da água por irrigantes, as variabilidades espaciais e temporais com análise de consistência de elementos do clima mereceu um estudo detalhado que consta no Anexo 1.

A caracterização climatológica da área de estudo foi efetuada com base em dados da Estação Meteorológica de Irecê, referentes a série histórica de 1944/1994, constante no estudo de BARBOSA (1998). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima predominante na área de estudos é o Bsw''h' (clima muito quente e semi-árido, tipo estepe) (BAHIA, 1995).

A marcante variabilidade espacial e temporal da pluviometria associada aos baixos índices pluviométricos anuais, sobre a região da bacia, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de escassez de chuvas na região, caracterizada por uma acentuada redução da precipitação durante os meses de maio a setembro em Irecê (parte central da bacia) e de junho a setembro em Xique-Xique (setor norte da bacia).

Embora uma acentuada redução do total sazonal das precipitações na bacia, possa afetar os critérios de outorga, de gestão dos recursos hídricos e do manejo da irrigação, são de fato as variabilidades espacial e temporal das chuvas na escala de tempo intra-sazonal, que afetam diretamente a sociedade de forma mais contundente.

Por exemplo, um ano no qual os totais pluviométricos sobre uma região superem a média climatológica pode, mesmo assim, representar um ano com severas restrições para a agricultura e ser excelente para o armazenamento d'água. Desta forma, a variabilidade intra-sazonal da pluviometria é de extrema relevância no âmbito destas aplicações (agricultura e gestão dos recursos hídricos).

Mesmo em anos (meses) nos quais os totais pluviométricos anuais (mensais) são próximos a média histórica, a distribuição temporal das chuvas durante o período chuvoso pode afetar substancialmente tanto os recursos hídricos quanto à agricultura. A alta variabilidade das chuvas observada na bacia dos rios Verde/Jacaré, durante o ano, é fator determinante para quantificar, entre outros, as necessidades da irrigação das diversas culturas agrícolas.

As medições de longo prazo da quantidade de chuvas na bacia dos rios Verde/Jacaré, revelam uma média anual de aproximadamente 630mm e desvios padrões de 25%, caracterizam esta região como semi-árida.

A análise da série temporal média das precipitações (mm) e sua tendência entre os anos de 1911 e 1983, na bacia dos rios Verde/Jacaré demonstram que em todo período de observações, as precipitações não foram inferiores a 300mm e nem tão pouco superaram os

1.200mm. Estes ciclos representam o comportamento climático da região da bacia, em particular, essa dinâmica parece estar associada a eventos do El Niño/Oscilação Sul (ENSO), o qual ocorre em intervalos de quatro e/ou sete anos, e sua intensidade é variável.

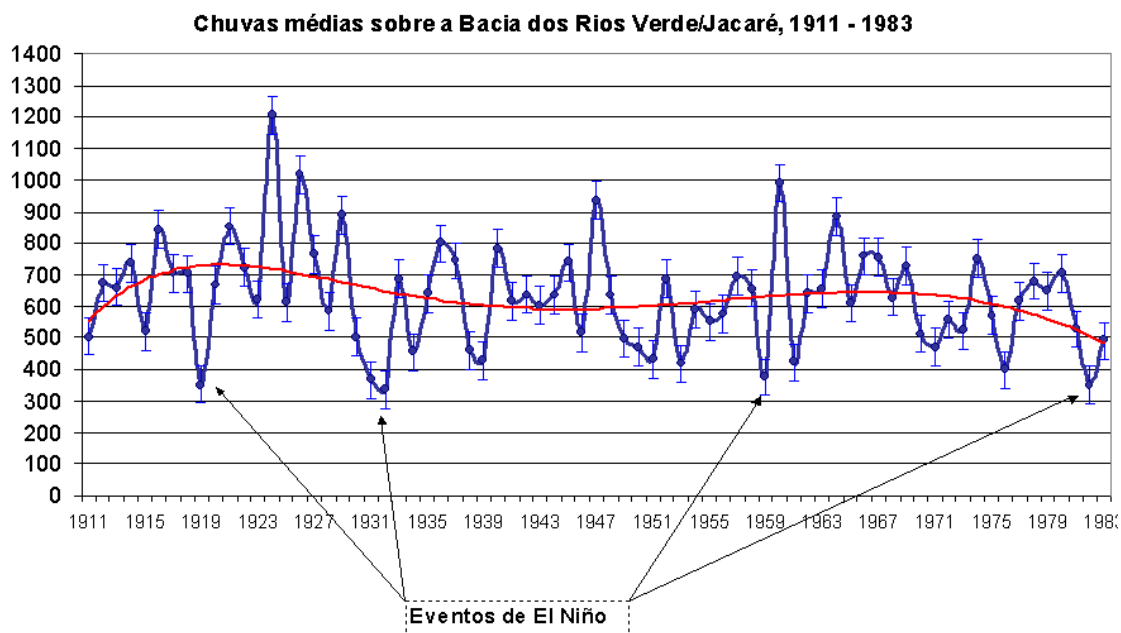


Figura 3. Série temporal média das precipitações (mm) e sua tendência de longo prazo dentro da bacia dos rios Verde/Jacaré, entre 1911 e 1983. A linha vermelha indica a tendência obtida pelo método dos mínimos quadrados.

Embora o fenômeno ocorra no Pacífico, suas conseqüências são sentidas em todo o planeta. A ocorrência de quatro eventos de El Niño considerados fortes (1918, 1932, 1959 e 1982) estão indicados na figura 3. Contudo, outros eventos de escassez de chuvas aparecem nesta figura. Anos de chuvas abundantes se alterna com anos de menor ocorrência de maneira compensatória para os valores médios que caracterizam o clima da bacia.

Os altos índices de dispersão da precipitação correspondem à outra característica das chuvas no semi-árido. O desvio padrão médio anual tem um valor de 154 mm, sendo quase 25% do valor médio anual das precipitações que é de 626,9 mm. A linha de tendência apresentada na figura 3 foi obtida através do método dos mínimos quadrados, onde X representa o tempo em anos.

A curva de tendência descreve uma oscilação das precipitações entre 1911 e 1983, seguida de uma estabilização durante a década de 50. Esta descrição pode obedecer a duas interpretações: uma corresponde ao ciclo de longo prazo próprio do sistema clima El Niño; e a outra, uma manifestação de mudanças nas precipitações, principalmente, decorrente do desmatamento da vegetação nativa na região, por exemplo.

A figura 3 mostra o comportamento médio do total anual das precipitações na bacia dos rios Verde/Jacaré. Nesta figura, pode-se observar totais médios acima de 800mm, consideradas áreas chuvosas, nas regiões mais altas da bacia, próximas aos divisores de águas, que coincidem com os limites da bacia hidrográfica. Enquanto que, nos demais setores da região,

esses totais médios são inferiores a 700mm/ano, principalmente em sua parte central, onde os valores não superam 600mm/ano.

A marcha anual da precipitação média na bacia de estudo evidencia uma certa definição quanto à existência de uma “estação chuvosa”, ou seja, um certo período do ano em que as chuvas são mais abundantes, e por consequência, uma “estação seca” bem definida.

A principal estação chuvosa da bacia está compreendida entre os meses de novembro a fevereiro (NDJF), com o pico de chuva em dezembro. E a segunda estação abrange os meses de dezembro a março (DJFM), com o pico em março. A permanência dos sistemas frontais é o principal mecanismo causador de precipitação.

O estudo permite concluir que as variações sazonais (mensais e anuais) afetam todas as variáveis meteorológicas, que em geral são interdependentes, informação valiosa para o planejamento estratégico da agricultura irrigada permitindo a visualização de um balanço hídrico detalhado.

A informação gerada a partir das séries históricas serve como um ajuste fino na compreensão dos períodos de recarga do aquífero e das variações sazonais das demandas e disponibilidades hídricas, para uso nos procedimentos de desenvolvimento e validação de modelagem matemática da hidrodinâmica do sistema aquífero/rio e na calibração do Sistema de Suporte à Decisão Agrícola - SISDA como ferramenta de gerenciamento otimizado da irrigação.

1.4. Características Geológicas

Da área de 8.500.000 km² do território Brasileiro, aproximadamente 213.006 km² são constituídos por afloramentos de rochas carbonáticas, deste total o Estado da Bahia possui aproximadamente 65.163 km², dos 567.296 km² de seu território, de afloramentos carbonáticos.

Estima-se que a bacia do rio São Francisco possui 150.575 km² de afloramentos de um total de 645.067 km², abrangendo aproximadamente 23,34% da bacia. Chama-se a atenção para o fato de que preferencialmente as rochas carbonáticas ocorrem na região das nascentes, no Estado de Minas Gerais, até o Município de Juazeiro na Bahia estendendo-se pelo Vale do Salitre e Microrregião de Irecê, além da ocorrência em outras bacias hidrográficas do Estado. A seqüência carbonática do Grupo Bambuí, na Chapada de Irecê, região Central da Bahia, cobre uma área aproximada de 15.000 km².

As bacias hidrográficas dos rios Verde/Jacaré estão inseridas no contexto geológico da Chapada Diamantina – Região Central da Bahia. Do ponto de vista paleográfico, três grandes unidades se destacam na região: o substrato cristalino (Grupo Caraíba), o substrato quartzítico (Grupo Chapada Diamantina) e a cobertura (Grupo Bambuí), (MARINHO, 1977).

Na microrregião de Irecê predominam as litologias do Grupo Bambuí, constituídas por rochas antigas, com idade entre 500-630 milhões de anos do Pré-Cambriano Superior” (RIBEIRO, 1985).

Segundo GUERRA (1986), a denominação Bambuí provém da cidade homônima, situada ao sul de Minas Gerais, sendo que RIMANN (1917) atribuiu este nome às seqüências carbonáticas que ali afloram, assim passando a fazer parte da literatura geológica brasileira. O

Grupo Bambuí delimita e caracteriza uma extensa seqüência de sedimentos clásticos e carbonáticos que ocorrem na porção centro-leste do Brasil nos domínios da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

A geologia da região é predominantemente composta pela Formação Sete Lagoas, constituída por calcários calcíticos cinza escuro, finamente estratificados, com veios de calcita leitosa e quartzo (BRANCO TEIXEIRA, 1961).

A composição mineralógica demonstra uma predominância do carbonato de cálcio, superior a 90%, seguido por uma pequena quantidade de magnésio (<2%). Teores muito baixos de alumíno-silicatos (1,5%) e quartzo, além de 2% de carbono e pequenas quantidades de sulfatos, que juntamente com a matéria orgânica dão a cor preta à rocha. (SILVA, 1977).

1.5. Características de Solos

De acordo com BAHIA (1995), apesar da região apresentar outros tipos de solos, predominantemente ocorrem de forma representativa os Latossolos e Cambissolos.



Foto 01. Perfil de Cambissolo



Foto 02. Perfil de Latossolo

1.6. Cobertura Vegetal

Quanto às fisionomias florestais, a região apresenta maior parte da área ocupada pela caatinga, tendo em menor escala, áreas de transição.

Nas margens do rio Jacaré a fisionomia dominante é a Estepe Arbórea Densa, formando também as veredas, que são formações vegetais, com presenças de gramíneas e ciperáceas, como o junco e a taboa, além de espécies comuns da caatinga, como itapirucu, mulungu e a Palmeira Carnaúba (*Copernicia cerifera*). As veredas são formações vegetais sobre terrenos aluvionares (BAHIA, 1995).

De acordo com estudos realizados por COUTINHO (2000), em sítios com predominância de Cambissolos (calcários), é comum encontrar as seguintes espécies: barriguda – lisa (*Cavanillesia arbórea*), embiratanha (*Pseudobombax sp.*), inharé (*Brosimum sp.*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*) e quiabenta (*Quiabentia zehntyeri*).

2. CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E AGRICULTURA DA SUB-BACIA

2.1. Características Sócio-econômicas

Segundo o último censo demográfico da Bahia realizado pelo IBGE no ano de 2000 a população da região de Irecê corresponde a um percentual de aproximadamente 3% da população do Estado da Bahia, 372.944 habitantes, ocupando uma superfície equivalente a 4,6% do território, 26.155Km², integrando um conjunto de 19 municípios.

O sistema educacional regional está estruturado em quatro níveis: pré-escolar, ensino fundamental, ensino médio e superior, distribuídos em estabelecimentos escolares estadual, municipal e privado.

O sistema de saúde pública é caracterizado por dois serviços básicos, hospitalares e ambulatoriais, distribuídos em 23 unidades hospitalares com 944 leitos, sendo 14 sob a responsabilidade do município, oito privadas e uma vinculada ao Governo Federal. O serviço ambulatorial está estruturado em uma rede de 108 unidades, distribuídas em todos os municípios, como postos de saúde, centros de saúde e policlínicas.

Com relação a infra-estrutura, a região de Irecê como um todo ainda não dispõe de uma infra-estrutura adequada de suporte para as atividades econômicas, destacando-se limitações em disponibilidade de recursos hídricos e outros serviços básicos que possibilitem a superação das restrições naturais que afetam o processo produtivo.

O consumo médio atual de energia é da ordem de 149.147 mil kWh, sendo 20% demandados pelas atividades agropecuárias, destacando-se a irrigação.

Estima-se que 65% da população tenha acesso aos sistemas de abastecimento de água. A região dispõe de serviços de abastecimento d'água da Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA, do Serviço Autônomo de Água e Saneamento – SAAE, da Fundação Nacional de Saúde – FNS, Órgão do Ministério da Saúde e diversos sistemas simplificados (chafarizes alimentados por poço tubular), mantidos nas áreas rurais pelas prefeituras, de forma isolada ou participativa em parceria com associações de pequenos produtores ou trabalhadores rurais.

O sistema de saneamento ambiental envolvendo coleta e disposição de efluentes e resíduos sólidos é precário, podendo-se concluir que não existe, praticamente, esgotamento pluvial nas sedes urbanas dos municípios nem sistemas de limpeza e de destinação do lixo urbano, de padrão tecnicamente adequado. Em todas as cidades, o serviço de limpeza pública urbana se caracteriza pela varrição, coleta e uso de diversos tipos de transporte: caçamba, caminhão, carroça ou trator.

A rede viária se caracteriza pela predominância da malha rodoviária, sendo inexpressivas as alternativas hidroviárias, um pequeno número aeródromos pavimentados, inexistindo ferrovias. O principal eixo rodoviário é BA-052, atravessa a região no sentido leste-oeste, permitindo a integração nacional através da BR 116.

A integração no âmbito regional é realizada por vias secundárias estaduais pavimentadas e concretadas, interligando as sedes dos municípios na área produtora de grãos. A malha terciária é precária, apesar disto desempenha importante função de integrar pequenos aglomerados rurais, além de permitir o acesso aos serviços e equipamentos da zona urbana.

Os serviços de comunicações disponíveis na região são a telefonia prestada pela TELEMAR com 7.433 terminais e as comunicações via internet. Também como veículos de comunicação destaca-se a televisão, radiofonia, jornais, serviços de correios e telégrafo.

2.2. Atividades Produtivas

Toda atividade produtiva responsável pela geração de emprego e renda está centrada na atividade agro-pecuária, com destaque para agricultura irrigada, e comercial induzida.

A Microrregião de Irecê constitui-se na região econômica nº 11 do estado da Bahia, suas estruturas agrícolas e agrárias vêm sofrendo modificações significativas, sobretudo nas últimas décadas, onde vem ocorrendo a passagem de uma economia tipicamente tradicional e extrativista, para uma agricultura mais tecnificada. Existem desde os sistemas de cultivos mais tradicionais, até técnicas e práticas agrícolas, mais modernas como o uso de equipamentos de irrigação, máquinas, implementos e insumos.

A principal atividade econômica da região é a agricultura e, por consequência também, o setor que mais mão-de-obra absorve, gerando em termos de renda os valores mais significativos. A grande maioria das áreas cultivadas é utilizada com agricultura de sequeiro, aproveitando-se do período chuvoso, sendo que a irrigação vem se expandindo de forma rápida e significativa na região, com uso da água subterrânea no Platô de Irecê e água superficial dos rios Verde e Jacaré (CODEVASF, 1993).

A partir da década de 80 um intenso e crescente processo de implementação de olericultura irrigada, centrada na cultura da cenoura, cebola e beterraba levaram a região, hoje a ocupar o lugar de primeiro produtor de cenoura do Nordeste do Brasil e maior área de produção contínua de cenoura da América Latina. Também existe uma pequena área explorada com fruticultura.

Com relação à utilização de recursos hídricos e considerando a potencialidade dos solos e a tradição agrícola da região, tem havido um aumento significativo da demanda de água para irrigação, o que poderá comprometer criticamente a disponibilidade hídrica na bacia (CODEVASF, 1993), caso a capacidade de suporte do aquífero não seja respeitada e/ou a dinâmica da recarga seja comprometida pelos impactos negativos sobre os fluxos da água nas zonas saturada e não saturada.

Segundo estudos efetuados na região, existem no Platô de Irecê aproximadamente 320.000 ha de solos aptos para irrigação, porém a potencialidade de recursos hídricos subterrâneos para a exploração permite irrigar apenas 26.000ha (BAHIA, 1995). Dados da Superintendência de Irrigação da Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia - SEAGRI estimam que existem mais de 6.083 ha irrigados e 10.000 poços perfurados na Microrregião de Irecê.

Foi realizada uma avaliação criteriosa da eficiência da irrigação através do uso de Sistema de Suporte a Decisão Agrícola – SISDA, ferramenta computacional com recursos para aferir e orientar sobre as demandas hídricas e gerar recomendações técnicas para evitar o uso perdulário da água e energia. O estudo completo e detalhado consta no Anexo 2. As áreas avaliadas estão submetidas a regime de exploração com agricultura irrigada intensiva, utilizando os métodos de irrigação por pivô central e irrigação localizada, com baixa eficiência no uso da água.



Foto 3. Implantação e capacitação para uso do sistema de suporte a decisão - SISDA



Foto 4. Avaliação da eficiência do uso da água e do manejo da irrigação



Foto 5. Instalação de estrutura de coleta de dados para alimentar o SISDA para o gerenciamento otimizado das demandas hídricas em área piloto.

3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA SUB-BACIA DO VERDE/JACARÉ

3.1. Características Hidrogeológicas e Hidrodinâmicas

As características hidrogeológicas e hidrodinâmicas das formações aquíferas definem sua capacidade de armazenar e transmitir água. Própria de cada tipo litológico ou formação aquífera, a capacidade de armazenar (porosidade) e transmitir água (permeabilidade) é resultado da interação de fatores geológicos com o corpo rochoso, desde a sua formação.

A hidrogeologia do aquífero cárstico do Grupo Bambuí se caracteriza por sedimentos cársticos que formam meios de porosidade intergranular ou meios contínuos, em contraposição, as rochas cristalinas que formam meios de porosidade fissural ou descontínuos. Nos primeiros, a porosidade é dita primária, e nos demais, secundária ou adquirida. Ainda dentro dessa divisão formal em dois grandes grupos, destacam-se, por força dos seus comportamentos particulares, as rochas extrusivas e os calcários.

Sua principal característica, entretanto, é a presença dominante da porosidade secundária, originária dos processos de carstificação. Esses processos, aliados à porosidade fissural, quando presente, fazem deste grupo o de comportamento hidrogeológico mais especial e complexo para o desenvolvimento e validação de modelagem.

Os aquíferos cársticos apresentam muitas peculiaridades e a caracterização do sistema hidráulico desse tipo de aquífero é de grande complexidade, considerando seus parâmetros hidrológicos/hidrogeológicos, onde o armazenamento e a circulação das águas subterrâneas estão relacionadas à dissolução ou ao fraturamento das rochas carbônicas.

Do ponto de vista hidrogeológico, o sistema cárstico pode ser representado como uma rede subterrânea dos condutos (*karst network*) com uma condutividade hidráulica muito alta ($K > 10^{-1}$ m/s) embutida numa matriz rochosa de baixa permeabilidade (calcário fissurado) com valores de K na faixa de 10^{-3} m/s a 10^{-7} m/s, dependendo do grau de fraturamento e estratificação.

A capacidade de armazenamento no sistema cárstico de conduto é baixa em consequência do calcário fissurado de baixa permeabilidade. A lógica de fluxos da rede cárstica é, geralmente, sempre conectada às saídas (nascentes) do sistema (GRASSO & JEANNIN, 2002).

O maior desafio hidrogeológico é a caracterização das leis hidrodinâmicas do fluxo subterrâneo que governam os diferentes tipos de porosidade que ocorrem nos aquíferos cársticos para a modelagem da dinâmica de recarga (difusa ou concentrada), armazenamento e fluxos subterrâneo (conduto ou disperso).

O gerenciamento dos recursos hídricos nas áreas cársticas requer estudos específicos e planejamentos especiais adequados, no caso específico de Irecê, às condições de semi-áridéz e pressão de exploração a que está submetido o aquífero. Os métodos de traçadores natural e artificial, o uso do simulador de chuvas são dentre outros recursos experimentais os mais eficazes, para possibilitar o conhecimento ou estimar parâmetros hidrodinâmicos necessários para a caracterização e modelagem do sistema cárstico.

NEGRÃO, 1987, estabeleceu condições de contorno para o aquífero objeto do estudo, definiu linhas de fluxos e isolinhas de nível freático considerando o estado de exploração e as informações disponíveis naquele momento.

GUERRA, 1986 apresenta e discute dados de uma campanha de piezometria realizada no período de 1980-1982, com freqüência de medida em escala mensal, em alguns poços situados no platô de Irecê. Considerando as condições de exploração e hidrodinâmica do aquífero, no período estudado observou variação anual de nível da ordem de 8 metros em alguns poços a 2 metros em outros, resultando em uma variação média anual de 3,3 metros.

Estas informações levantadas são valiosas como dados de referência, de partida, para ajustes no processo de desenvolvimento do modelo conceitual e como base de comparação com o cenário atual do estado de exploração do aquífero, para aferir e quantificar tendência de rebaixamento.

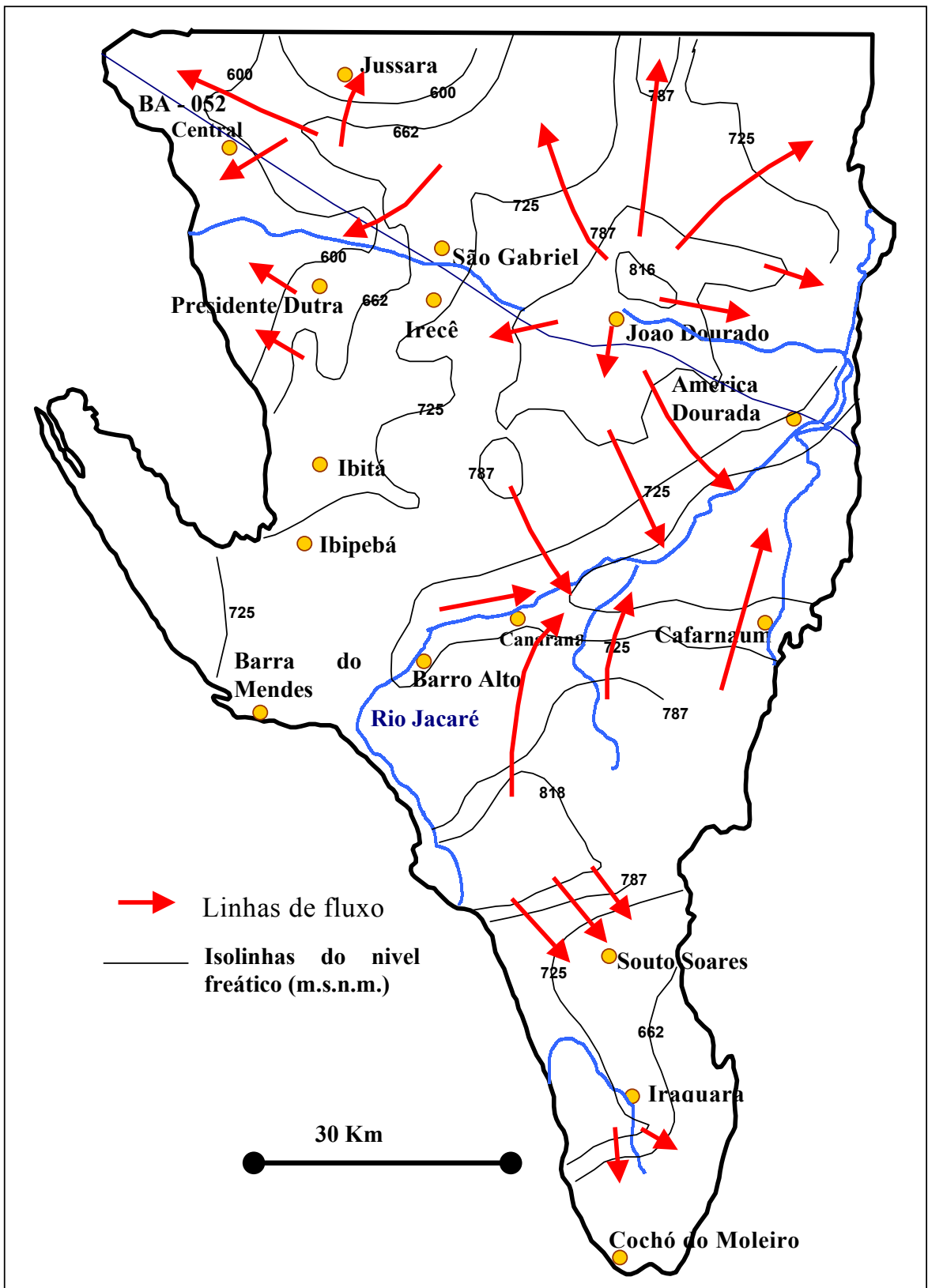


Figura 4. Isolinhas do nível freático e linhas de fluxo.
 Fonte: Negrão, 1987.

3.2. Inventário de Poços – Áreas de Maior Concentração

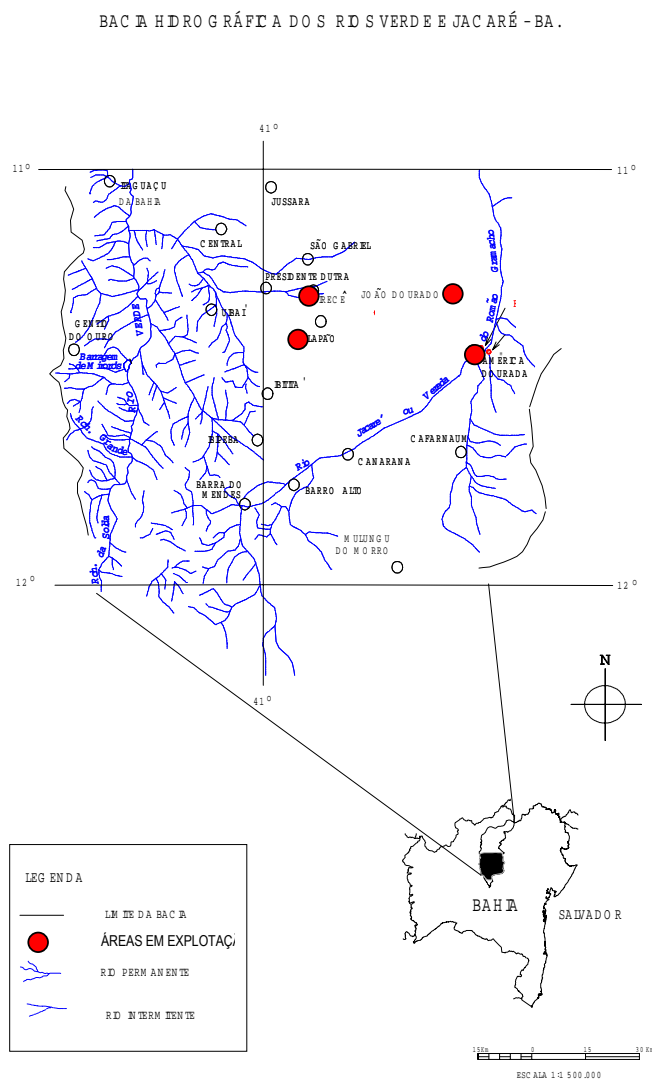


Figura 5. Localização da maior concentração de poços explorados na bacia do rio Verde/Jacaré.

Segundo informações de empresas locais, ONG's e usuários, estima-se que existam atualmente, aproximadamente, 10.000 poços perfurados em regime de exploração, a maioria instalados sem critérios de outorga, sem estudo de raio de interferência entre poços, cadastro, ou se quer autorização pelo órgão gestor Superintendência de Recursos Hídricos - SRH, com todos os riscos de conflitos e comprometimento da qualidade das águas.

Durante o desenvolvimento do Subprojeto 1.5, foi possível realizar inventário preliminar de poços recorrendo-se aos cadastros da Companhia de Eletrificação Rural da Bahia - CERB, Superintendência de Recursos Hídricos – SRH e empresas locais de perfuração de poços. A área de maior concentração de poços é o município de Lapão onde estão concentrados 60% dos poços, seguidos de América Dourado, João Dourado e Irecê.

De um universo de aproximadamente 5.000 cadastros de poços identificados, a grande maioria apesar de apresentar informações apenas de referência na perfuração (perfil ou descrição litológica, ensaio de bombeamento e alguns parâmetros de qualidade de água como teores de nitratos, cloretos, fosfatos) não estão georeferenciados, sendo que aqueles que apresentam coordenadas refletem baixa precisão nas medidas.

Todas as informações levantadas de poços inventariados com coordenadas, representando um universo de 807 poços, foram organizadas e sistematizadas em ordem cronológica crescente por ano de perfuração no período de 1962 a 1999, portanto um cenário de 37 anos, para observar indícios de riscos de contaminação por nitratos, cloretos e tendência de rebaixamento. A relação de poços inventariados encontra-se no Anexo 6.

3.3. Sistema Aquífero/rio e Disponibilidade de Água Subterrânea e de Água Superficial

A recarga do aquífero é fundamentalmente devido as águas de precipitação, no entanto deve-se considerar a possível contribuição da irrigação, dada a extensão da área irrigada e a frequência e intensidade das irrigações. Outra hipótese de possível contribuição para a recarga é a alimentação vertical ascendente a partir do aquífero fissurado inferior.

A disponibilidade hídrica global para o sistema rio/aquífero pode ser estimada em torno de 200-250 Hm³/ano, considerada a incerteza por haver sido determinado a partir dos elementos disponíveis do balanço hídrico existente. No ano de 1976, se explotou 1 Hm³ de vazão, passando para 12,8 Hm³/ano em 1986 e para 22,6 Hm³/ano em 1991.

A descarga do aquífero é significativa, sobretudo no sentido do rio Jacaré, porém não se descarta a possibilidade da ocorrência de fluxos mais profundos no sentido norte sem relação com o leito do rio Jacaré em direção a afluentes do rio Verde, conforme afirmação anterior e também por efeito de bombeamentos.

O estudo das disponibilidades hídricas superficiais definiu de critérios de referência para orientar a outorga de água superficial e o desenvolvimento de um modelo de suporte a decisão para a gestão de águas superficiais da bacia.

Como base para estimativa de disponibilidade dos recursos hídricos superficiais, foram utilizados principalmente, os dados fluviométricos de séries históricas disponíveis. No anexo 1 consta todo procedimento metodológico de análise e tratamento da informação que resultou num banco de dados de séries consistentes e confiáveis de vazões diárias, considerando um período de tempo suficientemente longo (22 anos).

A contribuição mais importante desta parte do estudo foi a definição de um modelo de gestão das águas superficiais, baseado numa função de equilíbrio entre as disponibilidades hídricas totais, considerando a relação chuva-vazão. O modelo poderá servir como base nas decisões para outorga, por quanto pode quantificar o risco admissível e as vazões máximas que poderão ser outorgadas, com uma determinada garantia, dependendo das prioridades estabelecidas pelo órgão gestor ou comitê da bacia.

Nesta primeira etapa foi considerada uma escala mensal de disponibilidades, entretanto seria mais preciso e adequado reduzir este período a dez dias ou uma semana, sobretudo nos

períodos críticos onde as demandas são mais urgentes e necessárias e as disponibilidades mais reduzidas.

3.4. Uso dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.

A pressão de usos sobre os escassos recursos hídricos superficiais e subterrâneos disponíveis na bacia do rio Verde/Jacaré se caracteriza pela forte demanda da agricultura intensiva irrigada, já abordada em capítulos anteriores, seguida do abastecimento humano de alguns distritos de municípios que não tem acesso ao abastecimento pela adutora do reservatório de Mirorós que abastece a maioria das sedes dos municípios da Microrregião de Irecê.

A falta de conhecimento preciso da hidrodinâmica do aquífero e conseqüentemente critérios para análise de concessão de outorgas considerando a interação aquífero/rio e a inexistência de um organismo de bacia atuante, são fatores de riscos evidentes de sobrexploração e degradação da qualidade dos recursos hídricos da bacia, o que vem sendo confirmado em depoimentos de usuários sobre conflitos já instalados.

Considerando tratar-se de uma bacia piloto, referência definida pelas políticas do Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos - PGRH do Estado da Bahia, os estudos, diagnósticos participativos, seminário, workshop e reuniões técnicas confirmam a necessidade de ações/intervenções estratégicas fomentadas por parte do órgão gestor e participação dos setores de usuários, poder públicos e universidade, para estruturar coletivamente um modelo de gestão sustentável das demandas e proteção da qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, cujas bases foram definidas no Subprojeto 1.5.

4. DIAGNÓSTICO SÍNTESE E INDICADORES DE IMPACTOS DA AGRICULTURA INTENSIVA SOBRE A QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL

Segundo a metodologia piloto desenvolvida e adotada para os objetivos do Subprojeto 1.5 foi possível realizar diagnóstico através de indicadores quantificáveis (infiltração, medição de nível piezométrico, análise de amostras de água) identificar sinais de degradação física do solo e análise da paisagem.

O diagnóstico síntese foi centrado na percepção das modificações provocadas pela pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais solo, água, vegetação que compõem o ambiente físico da bacia hidrográfica, em conseqüência do modelo de agricultura convencional tradicionalmente praticado na bacia do rio Verde/Jacaré.

Os usuários dos recursos hídricos da região, em depoimentos, afirmam que os impactos mais perceptivos, cuja causa raiz pode ser associada a implementação da agricultura intensiva irrigada na bacia é a redução da quantidade e a degradação da qualidade das águas.

Tal constatação é conseqüência do processo de ocupação do território, apropriação e uso dos recursos naturais solo, água e vegetação que transformou o ecossistema natural da região (caatinga) em um agrosistema caracterizado pela agricultura de sequeiro, pecuarização e mais recentemente olericultura irrigada, na maioria das vezes em sistemas de manejo inadequados, sem adoção de técnicas de conservação do solo e da água.

A retirada generalizada não criteriosa da cobertura vegetal em zonas de nascentes, de recarga do aquífero e margens dos rios, associada aos efeitos da degradação das características físico-hídricas e químicas do solo, em consequência da mecanização intensiva sem considerar os princípios do manejo e conservação do solo e água, a dinâmica hidrológica do sistema hidrográfico local, o uso intenso e abusivo de agrotóxicos, fertilizantes, herbicidas e a falta de saneamento são, em síntese, as causas dos impactos reconhecidos pela comunidade, diagnosticados e mensurados pelo Subprojeto 1.5.

Em continuação se apresentam imagens que demonstram alguns sinais de degradação evidenciados e observados na bacia hidrográfica do rio Verde/Jacaré e detalhes de algumas atividades desenvolvidas no campo.



Foto 6. Evidências de degradação do solo e desestabilização da estrutura do aquífero. Solapamento de dolina em consequência da sobre-exploração.



Foto 7. Mecanização e uso do solo até as margens do rio, implicando em assoreamento e degradação da bacia hidrográfica.

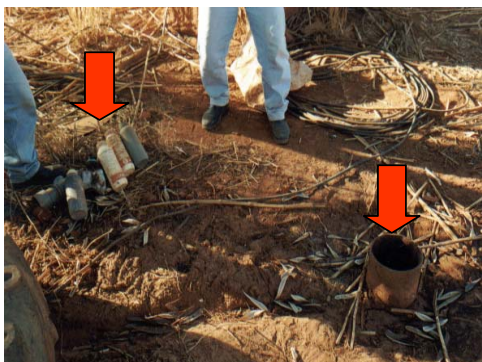


Foto 8. Embalagens de agrotóxicos descartadas no ambiente ao lado de um poço aberto.



Foto 9. Uso perdulário da água pela baixa eficiência na aplicação e no manejo da irrigação e do solo.



Foto 10. Mecanização intensiva provocando degradação físico-hídrica do solo.



Foto 11. Avaliação de processo de degradação física e química na zona não saturada do aquífero (solo irrigado).

5. SISTEMA PILOTO DE CONTROLE E MONITORAMENTO

Estudos de análise de riscos de degradação da qualidade da água em zonas rurais ou bacias onde a atividade de produção agrícola é intensiva consideram como fontes de poluição/contaminação difusa o uso de produtos químicos agrotóxicos, fertilizantes e a falta de saneamento básico.

É evidente a necessidade de disciplinar, reduzir e monitorar o uso de tais produtos, dos lançamentos de efluentes e disposição de resíduos para mitigar e reduzir riscos de contaminação dos recursos naturais água e solo.

A utilização intensa e não criteriosa desses produtos químicos, sua produção em escala, a compra no mercado sem controle de receituário e inspeção, bem como a falta de cuidado na sua aplicação e conhecimento sobre sua persistência no solo e na água, após aplicação, é risco inquestionável para o ambiente e para a saúde pública.

Esse problema se potencializa quando se trata de culturas de ciclo curto (hortaliças) e de grande susceptibilidade, a exemplo da cultura do tomate. Face a esta particularidade, a agricultura irrigada praticada na bacia hidrográfica dos rios Verde/Jacaré e sub-bacias do rio São Francisco, requerem uma atenção visto que tradicionalmente se vem praticando um modelo de agricultura convencional com uso de grandes quantidades de herbicidas, pesticidas e fertilizantes químicos, na maioria das vezes utilizados sem nenhuma obediência aos limites de uso regidos pela legislação e sem receituário do produto utilizado.

Os resultados desta etapa do diagnóstico realizado como objeto do Subprojeto 1.5, em parceria com a Universidade Federal da Bahia e a Superintendência de Recursos Hídricos - SRH do Estado da Bahia, sobre estudo de impactos da agricultura nos recursos hídricos da bacia dos rios Verde/Jacaré permite concluir que a Microrregião de Irecê pode ser considerada zona de risco de contaminação difusa da água e do solo.

Segundo SRH (1995), diagnóstico realizado através do Plano Diretor indica que a zona denominada Platô de Irecê utiliza cerca de 10% de suas reservas aquíferas para fins de abastecimento humano e animal, mesmo com todos os riscos de contaminação pelo uso de grande quantidade de produtos químicos (pesticidas, fertilizantes e herbicidas) sem monitoramento e critérios de aplicação adequados.

Considerando o quadro atual e a tendência de ampliação da agricultura irrigada na bacia do rio Verde/Jacaré, com contínua e crescente aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, faz-se indispensável a implantação e funcionamento sistemático de um programa de vigilância e controle do risco de contaminação difusa dos resíduos tóxicos no ambiente, determinando seus efeitos e os riscos de poluição do aquífero, das águas, do solo e da população.

A situação diagnosticada recomenda a continuidade do mapeamento dos riscos, a implementação de políticas públicas estratégicas adequadas para a mitigação dos impactos identificados, através da mobilização e conscientização das comunidades, participação das instituições de pesquisa e presença sistemática do órgão público responsável pela gestão e conservação dos recursos naturais água e solo.

O significado ambiental da presença desses resíduos químicos na região é quase desconhecido, já que pouco se sabe sobre sua natureza, efeitos, composição, biodegradabilidade, toxicidade e natureza acumulativa dos produtos aplicados, além da dificuldade de detecção pelos métodos analíticos convencionais, que podem subestimar a carga total de pesticidas nas águas, solo ou alimentos.

Resultados de pesquisas concluem que grande parte dos produtos aplicados na agricultura fica retido no solo, de 50 a 70% aproximadamente pode atingir a água. O que representa “perda de pesticidas” e também de fertilizantes para os agrônomos, significa risco concreto de transferências de resíduos tóxicos para mananciais de água, com todos as consequências para a saúde pública e dos animais quando o manancial é utilizado para desedentação.

Com o objetivo de caracterizar o uso dos pesticidas no sistema de produção agrícola da Microrregião de Irecê e riscos de contaminação da água, foi aplicado questionário e realizadas campanhas de campo para estudos sobre a dinâmica de difusão de pesticidas na zona saturada do aquífero, como também análise da presença de resíduos de pesticidas em amostras de água de poço e rio.

Dentre as informações levantadas nos questionários, de um universo de participantes da ordem de 350 produtores rurais, mais de 100 responderam as questões elaboradas sobre aspectos do uso e manejo do solo, aplicação de fertilizantes, pesticidas, herbicidas e sistema de manejo de irrigação. Fez-se a identificação do grupo químico, princípio ativo, composição, formulação, concentração e toxicologia dos pesticidas mais utilizados pelos produtores rurais.

Foram realizadas coletas de amostras de água na zona não saturada. Esta etapa teve por objetivo a retirada de amostras de água de infiltração/percolação, ou seja, as águas provenientes de precipitação pluvial ou de irrigação, que se movimentam em fluxos superficiais e/ou se encontra retida nos poros do solo.

Além de se rastrear os pesticidas listados pelos produtores rurais, optou-se em ampliar a pesquisa com o objetivo de identificar resíduos de produtos não listados. Os grupos de pesticidas rastreados constam no relatório do consultor - anexo 2.

Uma segunda etapa da análise de riscos consistiu de amostragens de água na zona saturada no aquífero e no rio para definir indicadores de riscos de presença de resíduos de pesticidas em água para servir de parâmetros de apoio a decisão e orientar ações estratégicas de intervenções com medidas mitigadoras adequadas para proteger a qualidade da água e a saúde pública.

A situação diagnosticada recomenda que seja realizado um planejamento amostral mais detalhado monitorando não só águas de poço e rio, mas águas que estão nas casas da população que usam o rio e águas do lençol freático da região, outros compartimentos ambientais, como solo e sedimento, e os alimentos que estão sendo comercializados.

O diagnóstico realizado com as ações do Subprojeto 1.5 apoiado pelo GEF, complementado pelos estudos e pesquisas que vem sendo desenvolvidos pela Universidade Federal da Bahia, custeados pela Superintendência de Recursos Hídricos - SRH do Estado, criou um lastro de informações básicas de referência que permite a estruturação e desenho de um sistema de monitoramento e de informações adequado às condições de exploração dos recursos naturais água e solo na bacia, orientado por um modelo matemático de fluxo e transporte que permita simular com grau de precisão aceitável a hidrodinâmica do sistema aquífero/rio.

5.2. Seleção dos Pontos para Estabelecimento do Sistema de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Quadro 1. Definição de rede de poços de observação e piezômetros.

MUNICÍPIO	Nº DE POÇOS
Jussara	08
Central	15
Presidente Dutra	15
São Gabriel	12
Irecê	15
Lapão	15
João Dourado	15
América Dourada	15
Ibititá	12
Ibipeba	06
Barra do Mendes**	04
Canarana**	03
Carfanaum**	02
Uibai	12
Barro Alto**	04
Morro do Chapéu**	06

** Poços próximos ao rio, nas margens.

Critérios considerados na definição da rede piezométrica e de monitoramento de poços.

- Gestão integrada de água superficial e subterrânea: recarga (quantidade) e contaminação (qualidade);
- Atividade agrícola maior usuária dos recursos naturais, água e solo, (agricultura irrigada no semi-árido);
- Conhecimento e cadastramento da rede de poços, da intensidade e formas de uso da água demandada pela atividade agrícola;
- Instalação de piezômetros e linígrafos abrangendo três profundidades, para tomadas de nível e amostras de água de poços;
- Caracterizar áreas e hidrodinâmica de recarga e descarga;
- Determinar a direção e sentido dos fluxos de água do sistema aquífero/rios;
- Identificar zonas de comportamento hidrodinâmico homogênea e heterogênea;

- Identificar situações de riscos de sobreexploração e área de influência entre poços para evitar conflitos;
- Definir volumes e épocas de recarga;
- Poço que não esteja em regime de exploração situado, a aproximadamente 400 metros de um poço em exploração;
- Ter profundidade e coordenadas conhecidas;
- Realização de tomada de dados semanais na época da recarga e mensal em períodos de estiagem.

Áreas prioritárias de maior exploração e densidade de poços: Lapão, João Dourado, América Dourado, Irecê, São Gabriel, onde a rede de observação deve ser mais densa. Porém, também é necessário estende-la para regiões/municípios que ainda não possuem uma exploração intensiva de água subterrânea.

A inexistência de dados de piezometria acumulados, medidos de forma sistemática, de parâmetros de qualidade para fins de enquadramento e de um cadastro georeferenciado dos poços sob regime de exploração, são limitações que impossibilitam a modelagem do aquífero.

Como estratégia para poder extrair informações de referência, de forma mais imediata, para uma avaliação preliminar de tendência da situação de exploração a que vem sendo submetido o aquífero, foram identificados poços que haviam sido monitorados sistematicamente por um período e integraram a rede de observação utilizada por GUERRA (1987).

Foram reiniciadas campanhas de monitoramento com medições sistemáticas de nível de poços a partir do início do período chuvoso (referência de volume de recarga) do ano 2002, cujos dados até então coletados encontra-se no Anexo 6.

Uma vez concluídos os trabalhos iniciados de senso de poços (cadastramento), informação indispensável para visualizar a distribuição espacial e equidistância entre poços, condições de contorno serão definidas e a rede de monitoramento deverá ter o número de poços de observação ampliados, quando piezômetros deverão ser instalados em alguns pontos essenciais, considerando os critérios já apresentados na definição da rede de monitoramento.

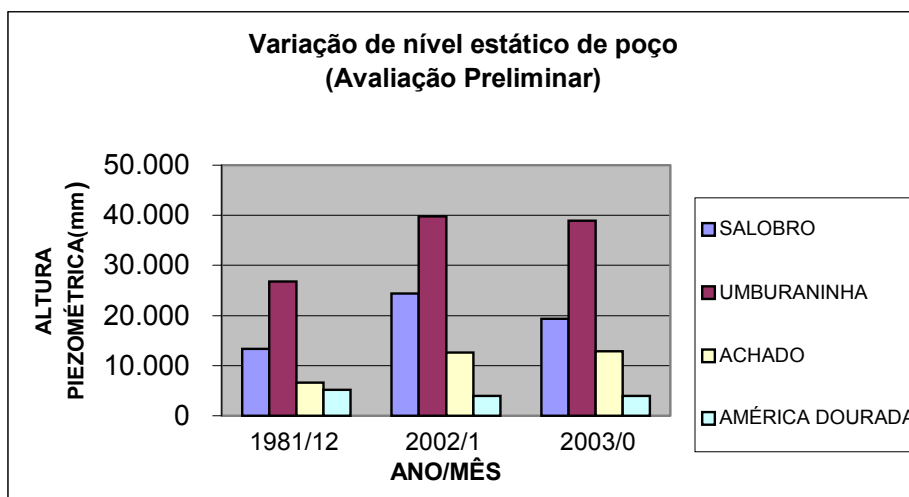


Figura 6. Variação do nível estático de poços nas regiões de Salobro, Umburaninha, Achado e América Dourada.

6. MODELO HIDROGEOLÓGICO

A simulação ou modelagem da dinâmica de variação piezométrica é um procedimento complexo que envolve os recursos dos modelos multivariados, que requer um conjunto de informações específicas sobre parâmetros que regulam a dinâmica de fluxos e na zona saturada e não saturada do sistema hidrogeológico.

Para evitar conflitos e garantir a exploração sustentável e a gestão racional das demandas pelos recursos hídricos em formações cársticas, é absolutamente essencial a caracterização das leis hidrodinâmicas do fluxo subterrâneo que governam os diferentes tipos de porosidade que ocorrem nos aquíferos cársticos. Diversas abordagens e métodos são usados no estudo quantitativo de um sistema cárstico.

6.1. Caracterização da Zona Não Saturada

A avaliação de impactos na zona não saturada foi realizada através da caracterização física, química e das dinâmicas de fluxo da água e difusão de contaminantes, sempre comparando zonas de cultivos intensivos com zonas nunca cultivadas.

As propriedades físicas mais afetadas com o cultivo intensivo dos solos irrigados foram a porosidade, a densidade, a condutividade hidráulica, as taxas de infiltração e a capacidade de retenção da água nos solos.

O efeito negativo do cultivo na porosidade dos solos irrigados ocorreu com maior intensidade na camada de 10 a 30 cm, na qual houve uma acentuada redução da macroporosidade e da porosidade total, confirmada pela presença de camada compactada nesta profundidade.

Quadro 2. Redução da condutividade hidráulica (cm.h^{-1}) da zona não saturada pelo efeito da mecanização agrícola.

	Condutividade Hidráulica			
Profundidade (cm)	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40
Área irrigada	25,73 a	6,92 b	2,89 b	6,85 b
Área de referência	13,10 b	15,80 a	18,85 a	22,31 a

OBS: Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

6.2. Áreas de Recarga

Os carstes, em decorrências de suas formas particulares de recarga, circulação e armazenamento, se distinguem dos demais sistemas aquíferos, sendo, provavelmente, de todos os mais complexos.

Segundo LLADÓ, (1970) citado por GUERRA, (1986) as formas cársticas de absorção, a depender da maneira como a água penetra na formação podem ser classificadas em formas abertas ou fechadas. Algumas denominações foram adaptadas do Espanhol por não existir termo correspondente no Português.

Entre as formas fechadas destacam-se as lapíás que são formas embrionárias, as dolinas, úvalas, poljés e os vales cegos. A dolina é a forma mais clássica de um cárste e resulta da

acomodação da massa rochosa provocada pela dissolução do calcário. Sua forma interna e externa varia em função de fatores climáticos e geológicos. Os vales cegos são vales que interrompem bruscamente na paisagem cárstica. Geralmente denotam a presença da drenagem subterrânea.

As formas abertas são aquelas que possibilitam a penetração livre da água, passando da superfície para a subsuperfície, bruscamente. Entre estas os cimas e os sumidouros.

Os desenhos apresentados na figura abaixo exemplificam formas estruturais de drenagem/recarga.

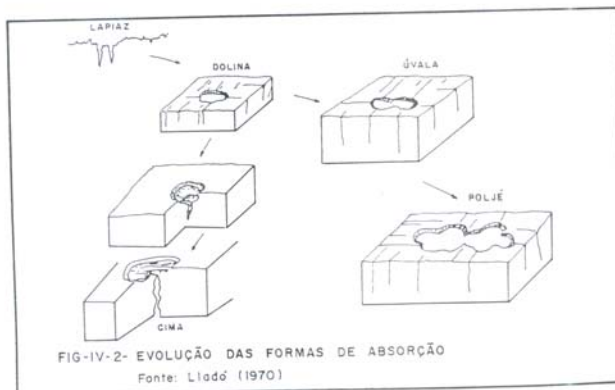


Figura 7. Evolução das formas de absorção

Fonte: Lladó (1970)

6.3. Condições de Fluxo

Como conseqüências da diminuição dos macroporos devido a compactação, observa-se e quantifica-se alterações significativas nas propriedades físico-hídricas do solo, principalmente nos fluxos de água, com a diminuição da condutividade hidráulica e da taxa de infiltração da água no solo, podendo comprometer e/ou limitar a recarga do aquífero, por alterar o hidrograma natural, ou seja, a relação entre chuva x infiltração x escoamento, além dos riscos de erosão e assoreamento.

A condutividade hidráulica saturada diminuiu drasticamente nas áreas irrigadas, os valores observados significaram reduções da ordem de 56%; 84% e 69% na condutividade hidráulica das áreas irrigadas, respectivamente.

As figuras 8 e 9 abaixo demonstram o comportamento e modificações na dinâmica de fluxos da água na zona não saturada.

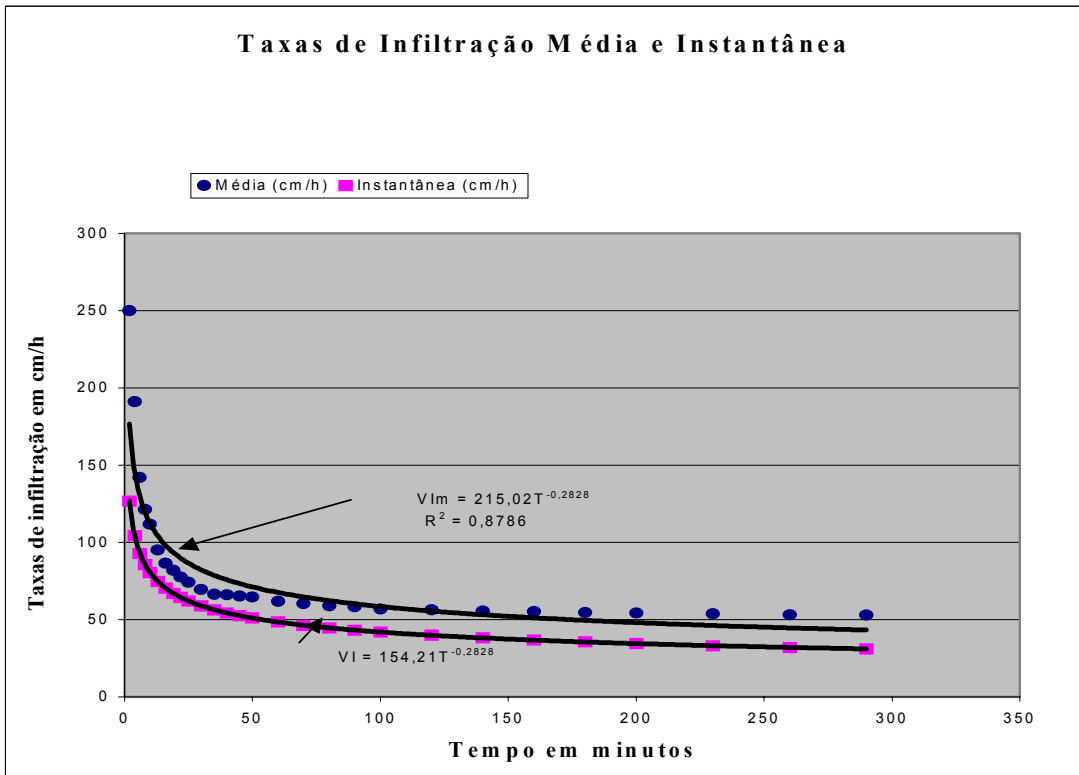


Figura 8. Comportamento e modificações na dinâmica de fluxos da água.

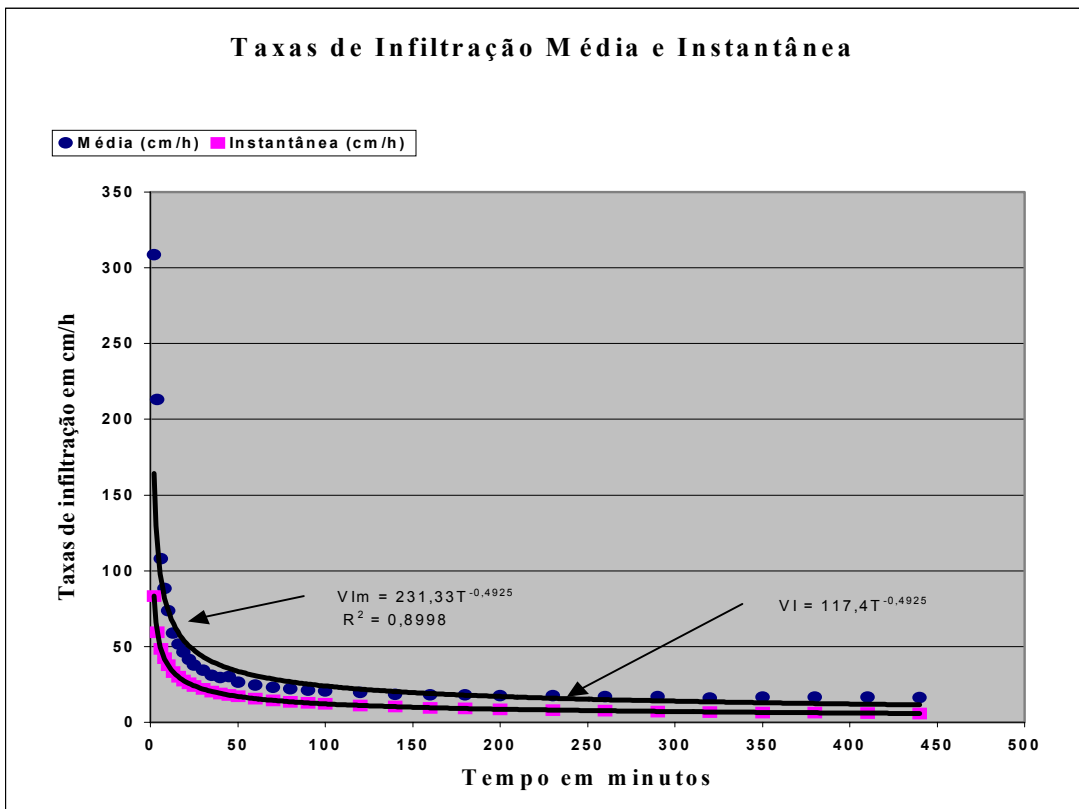


Figura 9. Comportamento e modificações na dinâmica de fluxos da água.

Os estudos e pesquisas permitem concluir que a dinâmica da macrodrenagem das regiões cársticas resultam dos processos ativos geomorfológicos e hidrogeológicos, destacando a presença das extensas áreas desnudas (sem vegetação) sem correntes de águas superficiais, a ocorrência de depressões com drenagem subterrânea; a existência de condutos e cavidades no subsolo pelas quais circulam correntes de água subterrânea e escoamento superficial muito reduzido.

Estas unidades geomorfológicas permitem classificar diferentes estágios da carstificação começando de uma paisagem fluvial e terminando numa paisagem fluviocárstica sem drenagem superficial. A paisagem fluvial é marcada por depressões compostas. Assim se caracteriza o processo geomorfológico de gênese de uma bacia cárstica a partir de uma bacia fluvial que drena em regiões de rochas carbonáticas (Fig.10).

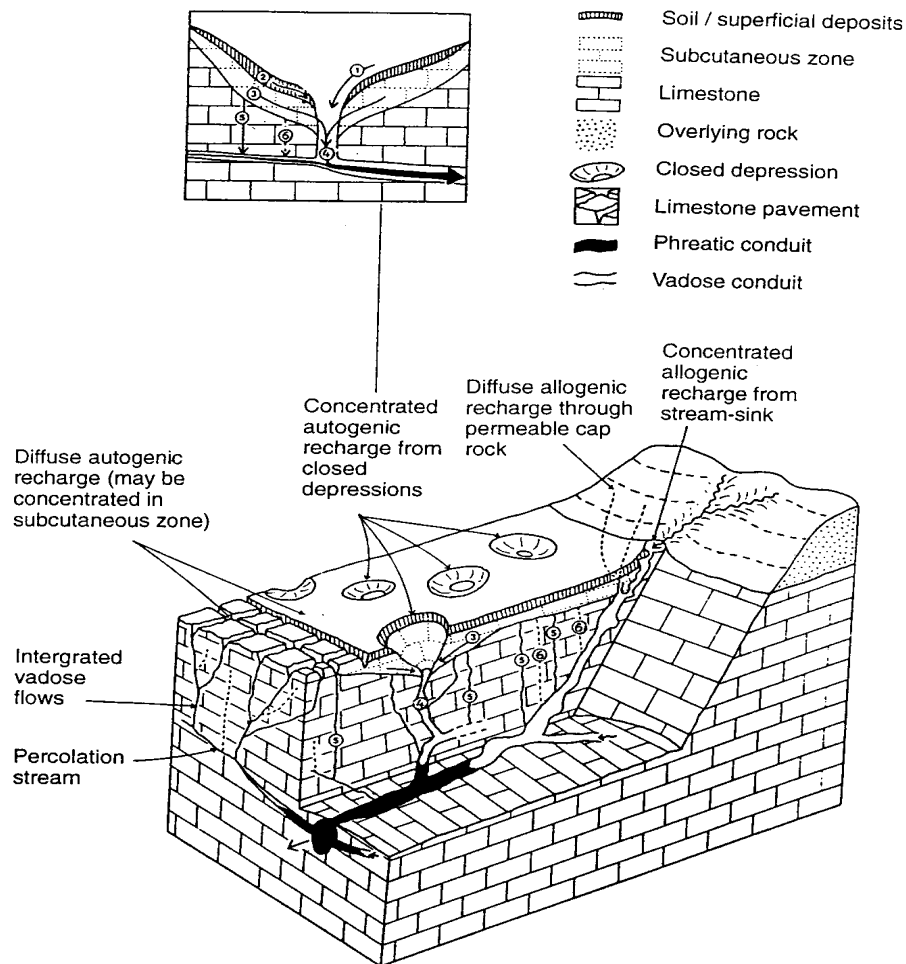


Figura 10: Modelo conceitual do fluxo no conduto dos aquíferos cársticos

Fonte: Leibundgut et. al., 1997.

Há uma grande heterogeneidade e anisotropia estrutural vertical e horizontal que conduz a uma grande variabilidade da permeabilidade que favorece uma infiltração pontual e zonal de correntes de águas superficiais. A direção do fluxo subterrâneo é determinada pela estrutura tectônica pelas formas de carstificação, reguladas pelas zonas de recarga e descarga.

6.4. Áreas de Descarga

As fontes de grandes descargas pontuais são comuns. Um tipo especial são as sifonantes que funcionam de maneira intermitente.

Através de estudos GUERRA (1986), avaliando a hidrodinâmica do aquífero cárstico de Irecê, observou variação dos níveis hidrostáticos nos poços de observação e verificou que a queda dos níveis, por efeito do escoamento subterrâneo, no período não chuvoso, é aproximadamente linear. Deve-se considerar que o mesmo durante os meses chuvosos, quando há uma subida relativa dos níveis por efeito da recarga, haveria uma queda relativa a uma taxa correspondente à observada no período não chuvoso.

7. SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO AGRÍCOLA – SISDA APLICADO A GESTÃO OTIMIZADA DAS DEMANDAS HÍDRICAS PARA USO NA IRRIGAÇÃO

O SISDA é um software, ferramenta útil para dar subsídios para a gestão das demandas pelo uso da água na irrigação com base em simulações das necessidades hídricas das culturas exploradas, disponibilizando indicadores técnicos de eficiência, adaptados às condições edáficas e climáticas da região, experiência que tem sido utilizada com sucesso em diversas regiões irrigadas do Brasil.

Enquanto recurso computacional, o SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) é uma alternativa que permite o monitoramento sistemático do uso racional da água por usuários irrigantes. Integra um pacote maior de softwares denominado de IRRIGA, visando integrar as atividades de manejo da água com o manejo do equipamento (AVALIA).

A partir de informações climáticas o programa calcula a demanda atual de água para cultura, fornecendo relatórios, gráficos e orientações padronizadas e personalizadas. Considerando uma base histórica de dados climáticos disponíveis no programa, o sistema permite fazer previsão de chuva e orienta o usuário quanto ao momento de irrigar e quanto a lâmina de água a ser aplicada, diminuindo as chances de perdas de água por aplicações desnecessárias.

O sistema gera uma base de dados correspondente ao consumo de água, déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura, informação importante para a gestão das demandas. Utiliza uma base de dados meteorológicos diários de cerca de 700 estações do Instituto Nacional de Meteorologia, permite estudos de viabilidades (diversos níveis de probabilidade).

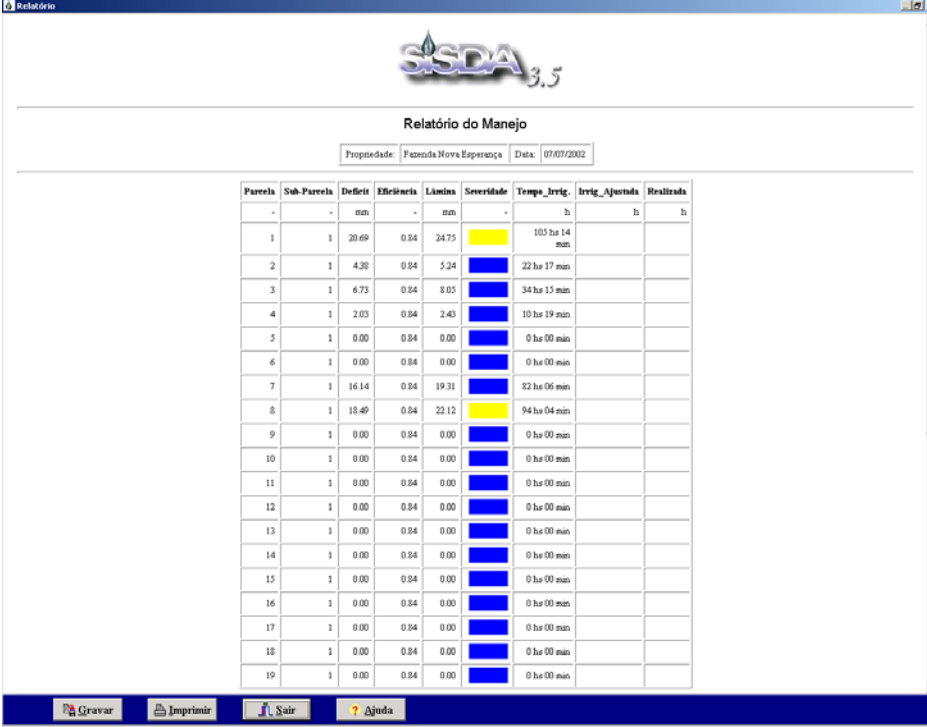
Conhecer com precisão o volume de demandas hídricas em escala mensal e diária é fundamental e deverá ser considerada no balanço de entradas e saídas de água no procedimento de modelagem do aquífero, como também para avaliar a dimensão do uso perdulário da água e a decisão sobre pedidos de outorgas. A metodologia geral do trabalho e os resultados obtidos encontram-se no relatório completo do consultor no Anexo 3.

Vale ressaltar que definidas estratégias e programas de ordenamento do uso dos recursos hídricos são importantes dispor de instrumentos que garantam sua aplicabilidade. Se, por um lado, é importante criar sistemas de fiscalização e controle, por outro é fundamental que os irrigantes (pequenos, médios e grandes) disponham de uma ferramenta de gerenciamento aplicada a projetos hidroagrícolas, de forma que possam otimizar o uso da água nas suas unidades de produção.

7.1. Unidades Piloto de Monitoramento do Consumo da Água pela Irrigação

Foram iniciadas as seguintes áreas piloto: Fazenda Nova Esperança, Fazenda Jota 5 e Fazenda Estância do Curral Velho, localizadas na região de abrangência do projeto. Em cada uma das unidades foi instalada uma estação meteorológica composta de um abrigo meteorológico, termômetro de máxima e mínima e um pluviômetro. Cada um dos sistemas de irrigação foi avaliado com vistas à determinação da uniformidade de aplicação de água, perdas por evaporação e arraste pelo vento (aspersão).

A figura 11 apresenta uma saída básica do programa que indica o momento de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada em cada uma das parcelas do campo, com precisão.



Relatório do Manejo

Propriedade: Fazenda Nova Esperança Data: 07/07/2002

Parcela	Sub-Parcela	Deficit	Eficiência	Límites	Severidade	Tempo_Irrig.	Irrig_Ajustada	Realizada
-	-	mm	-	mm	-	h	h	h
1	1	20.69	0.04	24.75	Amarelo	105 hr 14 min		
2	1	4.38	0.04	5.24	Azul	22 hr 17 min		
3	1	6.73	0.04	8.03	Azul	34 hr 13 min		
4	1	2.03	0.04	2.43	Azul	10 hr 19 min		
5	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
6	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
7	1	16.14	0.04	19.31	Azul	82 hr 06 min		
8	1	18.49	0.04	22.12	Amarelo	94 hr 04 min		
9	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
10	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
11	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
12	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
13	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
14	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
15	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
16	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
17	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
18	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		
19	1	0.00	0.04	0.00	Azul	0 hr 00 min		

Figura 11. Saída básica do programa SISDA para uma das Unidades Piloto. Informa déficit de água no solo, eficiência de irrigação, tempo de irrigação e escala de cores para indicar menor ou maior urgência de irrigação (azul, amarelo e vermelho).

Diversos indicadores são necessários para o planejamento do uso racional dos recursos hídricos na agricultura irrigada, atividade responsável pelo consumo de aproximadamente 80% da água doce.

Dentre os indicadores técnicos mais importantes do ponto de vista de dimensionamento do sistema de irrigação estão as lâminas líquida e bruta de irrigação.

Com o uso do SISDA simulações foram realizadas para duas situações limites de necessidades hídricas, envolvendo uma região de maior demanda, Irecê na altitude de 722 m, e outra de menor demanda, Morro do Chapéu, altitude 1012, utilizando-se para isto o banco de

dados climáticos do SISDA/IRRIGA, com séries climáticas históricas de no mínimo 15 anos de dados diários.

Para a cidade de Irecê, obtive valores de lâmina bruta de projeto variando 7,6 a 9,6 mm/dia, dependendo da cultura, equipamento de irrigação, época de plantio e probabilidade de chuva. Observa-se que a demanda hídrica da atmosfera, representada pela ETo, apresentou valores muito próximos para os dois períodos de plantio estudados, com diferenças da ordem de 6%. Estes resultados indicam estabilidade no consumo de água ao longo do ano para a região de Irecê.

Já para a cidade de Morro do Chapéu, localizada também na região de abrangência do Subprojeto 1.5, em condições climáticas distintas, observou-se que trata-se de uma região de menor demanda hídrica, exigindo menores lâminas de projeto (mm) e aplicações de água em menor quantidade. Estas diferenças demonstram mais uma vez a importância da implantação de sistemas de controle para obtenção de níveis confiáveis de controles de concessão de outorgas.

Os resultados simulados de consumo de água para as culturas da cenoura, cebola e beterraba podem ser utilizados para orientar estudos de outorga de água, tanto do ponto de vista de quem solicita, como de quem gerencia o processo de outorga de água.

Estudos na documentação sobre a região e as visitas nas áreas irrigadas indicam que não existe nenhum sistema de gerenciamento técnico da irrigação, dificultando qualquer conclusão sobre o uso eficiente ou não dos recursos hídricos por parte dos irrigantes. O rebaixamento do nível da água em diversos poços é um indicador da falta de organização no processo de perfuração de poços e uso das águas subterrâneas.

Os valores simulados como lâmina bruta de dimensionamento (mm/dia) para as culturas da cenoura, cebola e beterraba variaram de 7,5 a 9,6 para o município de Irecê (alta demanda), a 4,6 a 6,7 mm/dia, em Morro do Chapéu, são indicadores técnicos para subsidiar o planejamento do uso dos recursos hídricos nos projetos de irrigação.

Determinações da uniformidade de aplicação da água em nível de campo, para os sistemas de irrigação, indicaram valores de CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) de 77,6% para o pivô central e 77,9% para o e gotejamento. Valores estes muito abaixo do recomendado para estes sistemas, que são de 85 a 90% para o pivô central e 90 a 95% para o gotejamento.

Uma vez definidos cenários adequados é viável a utilização do SISDA para simulação das necessidades hídricas e outorga de água. Os resultados simulados de consumo de água para as culturas da cenoura, cebola e beterraba são subsídios para orientar a decisão da quantidade de água a ser outorgada. É necessário um programa continuado de treinamento para disponibilizar as informações, metodologias e produtos implementados.

8. CONCLUSÕES

8.1. Conclusões Gerais

- As metodologias adotadas, as atividades realizadas e em desenvolvimento permitem que as conclusões apresentadas sirvam como subsídios e informações de referência para a elaboração do Programa de Gerenciamento Integrado - PGI da bacia do São Francisco

pela Agência Nacional de Águas – ANA, para o Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos – PGRH do Estado da Bahia e para o Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Meio Ambiente do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, definir e priorizar linhas de pesquisas aplicadas para o Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente – NEHMA;

- A análise e tratamento dos dados levantados indicaram a necessidade da geração de informações específicas sobre a zona não saturada e saturada, através de pesquisas, para a definição de parâmetros que regulam a dinâmica hidrogeológica (recarga, descarga, reserva, vulnerabilidade) do aquífero cárstico, considerando o regime de exploração a que está submetido, para permitir a calibração de modelo(s) de fluxo e transporte como ferramenta de apoio à decisão para a gestão das demandas e proteção da qualidade da água;
- Permitiu a avaliação, identificação e mensuração de riscos de contaminação da água por resíduos de pesticidas e fertilizantes, do comprometimento de mecanismos da dinâmica hidráulica de fluxos e transmissão de água na zona não saturada em extensas áreas onde se pratica agricultura intensiva irrigada na bacia;
- As atividades desenvolvidas e produtos resultantes de consultorias, sistematizados e integrados permitiram diagnosticar e identificar indicadores de impactos da agricultura na bacia hidrográfica, conhecer a dinâmica dos elementos do clima e conceitualmente compreender a complexidade do sistema rio/aquífero para a estruturação e implementação de um sistema de suporte a decisão para a gestão participativa de recursos hídricos, em situações onde a irrigação está estabelecida como grande usuária;
- O Subprojeto estimulou e catalisou importante relação de parceria com o Órgão Gestor do Estado SRH-BA e com a Universidade Federal da Bahia, resultando na celebração de importante convênio que permitiu integrar, ampliar ações, dar continuidade as atividades de monitoramento, modelagem e capacitação de pessoal;
- O levantamento e sistematização de informações existentes e geradas através de campanhas de campo, permitiu a construção de um lastro de conhecimento sobre aspectos específicos da dinâmica hidrogeológica característica de sistemas cársticos, para orientar a estruturação de um programa de monitoramento e avaliação dos impactos da agricultura irrigada sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos na bacia hidrográfica do rio Verde/Jacaré, aplicável a outras situações similares da bacia do rio São Francisco;
- Permitiu catalisar um processo de mobilização de usuários, poder público, empresas públicas e privadas, ONG's e escolas a partir da realização de reuniões técnicas, seminários, Workshop e treinamentos;
- Permitiu uma integração e estreitamento da relação universidade/sociedade civil e com o poder público local.

8.2. Conclusões Específicas

8.2.1. Aspectos Hidrogeológicos Característicos da Sub-bacia do Rio Verde/Jacaré.

- Definiu critérios e pontos hidrogeologicamente adequados para implantação de rede de monitoramento de poços e início de campanhas sistemáticas de coletas de dados para estudo de recarga;
- Definiu e iniciou pesquisas específicas para geração de hidrograma característico (chuva x infiltração x escoamento) e valoração dos parâmetros hidráulicos, hidrológicos, hidrogeológicos e físico-hídricos que regulam a dinâmica de fluxos de água, no sistema aquífero/rio, informação imprescindível para modelagem do sistema hidrogeológico em estudo;
- Foi estimada uma disponibilidade hídrica de referência como reserva hídrica disponível no aquífero da ordem de 200-250 H³/ano, informação que deverá ser aferida, com precisão, a partir da quantificação da recarga e do balanço hídrico anual completo, considerando séries históricas de dados de chuva, vazões, níveis piezométricos e volumes extraídos para atender demandas dos cultivos;
- As informações compiladas sobre evolução das demandas hídricas revelam que nos períodos 1976, 1986 e 1991 se explotou aproximadamente 1Hm³/ano, 12,8Hm³/ano e 22,6Hm³/ano, respectivamente, informações que deverão ser atualizadas e aferidas para o cenário atual de exploração do aquífero;
- Foi realizado estudo sobre o regime de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica dos rios Verde/Jacaré, a partir de séries históricas significativas que permitiu, a nível de detalhe, a identificação da dinâmica de variação temporal e espacial da distribuição das precipitações identificando períodos chuvosos e secos;
- A distribuição temporal das chuvas, correspondentes aos totais médios mensais, evidenciam a existência de dois regimes pluviométricos, com as menores variabilidades observadas nos meses de novembro e dezembro, bem como, em fevereiro e março;
- A principal estação chuvosa da bacia está compreendida entre os meses de novembro a fevereiro, com um pico em dezembro; e o segundo período chuvoso entre os meses de dezembro a março, com um pico em março;
- Os meses de abril a setembro são os menos chuvosos. Os meses de maio e outubro são considerados transitórios;
- Observa-se na bacia altos índices de dispersão das chuvas, caracterizando-a como uma região semi-árida, com desvio padrão de quase 29% do valor médio anual do total de precipitação, que é de aproximadamente 734 mm;
- Ao analisar a série temporal dos totais pluviométricos, constatou-se a existência de diferentes movimentos cíclicos, que obedecem a duas interpretações: uma correspondendo ao próprio sistema clima (El Niño/La Niña) e a outra uma manifestação que pode ser correlacionada aos efeitos da evolução do desmatamento na bacia;
- Observa-se que a distribuição das chuvas na bacia não diverge, em complexidade, das demais regiões semi-áridas do Nordeste Brasileiro, apresentando discrepâncias quanto à

tendência geral de decréscimo das alturas pluviométricas, com valores superiores a 800 mm nas regiões mais altas e valores inferiores a 700 mm nas demais áreas da bacia;

- A contribuição para a recarga dos mananciais da bacia é mais significativa nas regiões mais altas, onde os totais pluviométricos superam facilmente os 800 mm;
- O estudo detalhado da dinâmica espaço-temporal de distribuição do regime das chuvas na bacia é informação valiosa para o estabelecimento das condições de contorno do modelo conceitual de entradas de água no sistema, bem como para orientar a instalação e adequação da rede hidrométrica de referência para formar banco de dados que será utilizado no estudo dos momentos da recarga e déficit hídrico, para subsidiar modelagem hidrológica/hidrogeológica para apoio a decisão na gestão das demandas hídricas;
- As variáveis meteorológicas interdependentes (chuva, temperatura, evaporação e umidade relativa) experimentam variações sazonais que estão correlacionadas. As variações demonstram mudanças de sentido nas estações da seca (no meio do ano) e das chuvas (no final e início do ano). Há forte acoplamento entre os fenômenos meteorológicos na região, com independência de tendências e variações de longo prazo, principalmente, para o caso das precipitações e as temperaturas, e o aumento continuado da evaporação observado no período entre 1961 e 1970;
- Foi procedida análise de consistência de informações pluviométricas e fluviométricas, a partir de séries históricas existentes, e desenvolvido um modelo orientativo de suporte à decisão na gestão de demandas da água superficial, baseado numa função de equilíbrio entre disponibilidades hídricas e possibilidades de outorga, considerando riscos. O modelo desenvolvido também poderá servir de referência para decisões no dimensionamento de obras de regularização de vazão dos rios.

8.2.2. Impactos da Agricultura Intensiva Irrigada sobre a Quantidade e Qualidade da Água na Bacia.

- A ausência generalizada de vegetação ciliar e em importantes setores da drenagem da bacia hidrográfica, identificados como importantes zonas de recarga ou de produção de vazão, é fator importante a ser considerado como responsável pela redução das disponibilidades hídricas em função do comprometimento da recarga e assoreamento dos rios;
- A degradação das características físico-hídricas do solo foi diagnosticada e mensurada através do aumento da densidade aparente e redução da porosidade, como indicadores de compactação generalizada em extensas áreas submetidas a agricultura intensiva irrigada, sem adoção de técnicas adequadas de manejo e conservação do solo e da água;
- A degradação das características físico-hídricas do solo na zona não saturada se reflete na redução da condutividade hidráulica e das taxas de infiltração da água na zona não saturada do aquífero, chegando a reduções da ordem de 84%, contribuindo para o comprometimento da recarga do aquífero e da eficiência da irrigação;
- Os resultados de análises de água de poço e rio detectaram resíduos de pesticidas organoclorados e/ou piretróides em concentrações acima dos limites aceitáveis, que

colocam em riscos a saúde pública e dos animais, caso a água o manancial seja usado para desedentação;

- De acordo com a legislação brasileira, as águas dos três mananciais amostrados estão com valores de concentração acima do permitido para fins de potabilidade para aldrin e endosulfan. Os valores de aldrin estão 84 vezes maiores do que o permitido nas amostras de água de América Dourada, enquanto endosulfan apresenta valores de 20 a 26 vezes maiores do que o permitido nas amostras de água dos três municípios amostrados;
- Dentre todo o espectro de pesticidas, rastreados nas amostras de água extraídas do perfil do solo para estudo da difusão dos pesticidas na zona não saturada, apenas o *carbendazir* foi detectado em concentração crescente, expressa na ordem 0,40 µg/L para a profundidade de 15cm, aumentado num incremento de 130% na profundidade de 35cm atingindo a concentração de 0,92µg/L;
- A persistência e mobilidade do *carbendazir* nas amostras de água e o aumento de concentração em profundidade é um indicador de risco de contaminação da zona saturada ou do aquífero;
- Procedeu-se também avaliação da evolução das concentrações de nitratos em água de poços da região observando-se um crescente aumento, ao longo do tempo, atingindo concentrações superiores aos limites que colocam em risco a saúde pública, caso a água venha a ser utilizada para consumo humano.

8.2.3. Sistema Piloto de Controle e Monitoramento

- Foram identificadas, por municípios, as áreas submetidas a maior pressão de usos dos recursos naturais água e solo pela agricultura irrigada, como critério para localizar poços de observação, piezômetros e pontos de coleta de água para análise dos parâmetros de enquadramento e presença de resíduos de pesticidas;
- Com base nas informações levantadas sobre o modelo conceitual do arcabouço hidrogeológico do aquífero e numa estimativa de distribuição espacial da densidade de poços em regime de exploração, foram pré-definidos critérios para o estabelecimento de uma rede de monitoramento de poços e instalação de piezômetros, para serem ratificados na fase pós-cadastramento dos poços, quando será ampliada e definida a rede permanente de coletas de informações que alimentará o banco de dados para fins de modelagem de recarga, avaliação do rebaixamento, raio de interferência e qualidade da água subterrânea;
- Como estratégia, para a curto prazo, gerar informações para permitir inferências preliminares sobre recarga e rebaixamento, foram identificados uma rede de poços de observações que haviam sido monitorados no período de 1980 a 1981, georeferenciados e retomadas campanhas sistemáticas de medição de níveis, a partir do início do período chuvoso de 2002;
- Comparando-se os níveis ou alturas piezométricas medidas nos mesmos poços em dezembro de 1981, dezembro de 2002 e janeiro de 2003, observa-se indícios de rebaixamentos da ordem de 13 metros, 11 metros e 6,0 metros respectivamente para três dos pontos estudados;

- Os resultados preliminares detectados, sabendo-se que os pesticidas organofosforados estão sendo usados na região, recomendam que seja realizado um planejamento amostral mais detalhado para se chegar um diagnóstico mais completo e fundamentado, monitorando não só águas de poço, que servem ao abastecimento humano, e de rio, mas águas que estão nas casas da população;
- A situação identificada da existência comunidades rurais abastecidas com água de poço, recomenda urgência e prioridade na realização de um estudo mais detalhado, com um tempo mais longo de monitoramento e o controle mais rigoroso de alguns parâmetros ambientais, avaliando correlações entre estes e enfermidades que acometem a população;
- Considerando a alta vulnerabilidade a riscos de contaminação, característica dos aquíferos cársticos, é prudente que seja ampliado o rastreamento incluindo outras possíveis fontes de contaminação, como efluentes, lixões e postos de gasolina, além dos pesticidas, considerando todos os parâmetros da resolução CONAMA 20/86 e a presença de hidrocarbonetos para poços utilizados para abastecimento humano.

8.2.4. Modelo Hidrogeológico

- Do ponto de vista hidrogeológico, o sistema cárstico pode ser entendido como uma rede subterrânea dos condutos com uma condutividade hidráulica muito alta ($K > 10^{-1}$ m/s), característica de uma matriz rochosa de baixa permeabilidade (calcário fissurado) com valores de K na faixa de 10^{-3} m/s a 10^{-7} m/s, dependendo do grau de fraturamento e estratificação. A capacidade de armazenamento no sistema cárstico de conduto é baixa em consequência do calcário fissurado de baixa permeabilidade. A rede cárstica é, geralmente, sempre conectada às saídas (nascentes) do sistema;
- Segundo interpretação dos consultores hidrogeológicos, Dr. Iñaki Antiguada e Dr. Ignácio Morell Evangelista, as possíveis relações hidráulicas verticais existentes entre os sistemas hidrogeológicos do Platô de Irecê não são bem conhecidas, o que justifica a pouca clareza refletida nas informações disponíveis em estudos realizados. Porém, permite afirmar que o sistema aquífero drena para ambas as bordas do Platô de Irecê, com descarga para o rio Verde na direção oeste e para o rio Jacaré na direção este. Este último sentido de fluxo caracterizado constitui a zona de descarga mais importante do Platô;
- A recarga do aquífero é alimentada fundamentalmente por águas de precipitação, no entanto deve-se considerar a possível contribuição da irrigação, dada a extensão da área irrigada e a frequência e intensidade das irrigações. Outra hipótese de possível contribuição para a recarga é a alimentação vertical ascendente a partir do aquífero fissurado inferior;
- A descarga do aquífero é significativa, sobretudo no rio Jacaré, porém não se descarta a hipótese da ocorrência de fluxos mais profundos no sentido norte em relação com o leito do rio Jacaré e também por efeitos de bombeamentos.

8.2.5. Sistema de Suporte à Decisão Agrícola – SISDA Aplicado à Gestão Otimizada das Demandas Hídricas para Uso na Irrigação

- O SISDA revelou ser uma ferramenta útil para estimar, com grau de precisão, volumes de demandas pelo uso da água com base em simulações das necessidades hídricas anuais das

principais culturas exploradas na região, disponibilizando indicadores técnicos de eficiência, adaptados às condições edáficas e climáticas da região. Tal informação é fundamental e deverá ser considerada no balanço de entradas e saídas de água no procedimento de modelagem do aquífero, como também para avaliar a dimensão do uso perdulário da água;

- Enquanto recurso computacional, o SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) é uma alternativa que permite o monitoramento sistemático do uso racional da água por usuários irrigantes;
- Considerando uma base histórica de dados climáticos disponíveis no programa, o SISDA permite fazer previsão de chuva e orienta o usuário quanto ao momento de irrigar e quanto a lâmina de água a ser aplicada, diminuindo as chances de perdas de água por aplicações desnecessárias;
- Houve grande manifestação de interesse, envolvimento e demanda de treinamentos sobre a aplicação e uso do software SISDA por parte de usuários irrigantes da região;
- Os eventos realizados: seminário, workshops, treinamentos, através de depoimentos, permitem concluir sobre a existência de risco já instalado de conflitos entre usuários, recomendando que sejam definidas estratégias e programas de ordenamento do uso e gestão participativa das demandas por recursos hídricos, disponibilizando instrumentos que garantam sua aplicabilidade;
- Observa-se que para equacionar ou mitigar os riscos de conflitos eminentes na região, por um lado, é importante criar sistemas de fiscalização e controle, por outro é fundamental que os irrigantes (pequenos, médios e grandes) disponham de informações e capacitação técnico-gerencial para mudança da cultura de uso perdulário da água e perfuração de poços nas suas unidades de produção.
- Desenvolveu-se um programa de atividades visando a médio e longo prazo evitar conflito entre a disponibilidade de água e a necessidade da irrigação na região de Irecê, através de divulgação, organização e implantação de um sistema de gerenciamento referenciado em indicadores técnicos aferidos a nível de propriedade de irrigantes;
- Os resultados simulados de consumo de água para as culturas da cenoura, cebola e beterraba serão utilizados para estimar o volume de demandas hídricas extraídos anualmente do aquífero, informação que será integrada no banco de dados/informações e utilizada como referência nos procedimentos de modelagem, como também para orientar decisões sobre outorgas de água;
- Com recursos do SISDA, valores de lâmina bruta de dimensionamento (mm/dia) para as culturas irrigadas foram gerados e disponibilizados como indicadores técnicos para subsidiar o planejamento do uso dos recursos hídricos nos projetos de irrigação;
- Determinações da uniformidade de aplicação da água em nível de campo, para os sistemas de irrigação, indicaram valores de CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) de 77,6% para o pivô central e 77,9% para o e gotejamento. Valores estes muito abaixo do recomendado para estes sistemas, que são de 85 a 90% para o pivô central e 90 a 95% para o gotejamento.

9. RECOMENDAÇÕES

9.1. Recomendações de Caráter Estruturante para a Gestão do Uso e Conservação dos Recursos Naturais Água e Solo na Sub-bacia.

- Geração de base cartográfica digitalizada na escala 1:25.000 abrangendo as bacias hidrográficas dos rios Verde, Jacaré e contorno do aquífero com todos os poços, principais nascentes, zonas de recarga e descarga georeferenciados;
- Com a base cartográfica na escala 1:25.000, construir equipotenciais, linhas de fluxos, definir condições de contorno para modelagem e formatar um sistema de informações para suporte à decisão no controle de outorga pela gestão das demandas, na definição precisa dos pontos de monitoramento para a geração de um banco de dados para acumular séries históricas da dinâmica da variação sazonal e espacial da quantidade e qualidade da água ao longo do ano hidrológico;
- Aquisição de medidores automáticos de nível de poços, linígrafos e estações meteorológicas com datalog para viabilizar montagem de uma rede de coleta de informações diárias sobre nível estático, vazão de rios e elementos do clima para possibilitar a definição de raio de influência entre poços e o balanço hídrico completo, considerando todas as entradas e saídas de água no sistema (chuva, evaporação, evapotranspiração, extrações e aplicações pela irrigação);
- Aquisição de um sonda especial para medição de parâmetros de monitoramento da qualidade da água para fins de monitoramento e enquadramento;
- Instalação, no município que exerce a maior pressão de exploração do aquífero, de uma base de suporte de geoprocessamento e processamento de dados com servidor em rede para sistematizar toda informação, calibrar e validar modelo hidrogeológico e disponibilizar as informações aos usuários irrigantes, associações, comitê da bacia, universidades, empresas e interessados;
- Ampliação das áreas piloto para implantação das bases e capacitação para otimização da eficiência do uso da água na agricultura irrigada com a utilização do SISDA - Sistema de Suporte a Decisão Agrícola como ferramenta de apoio ao gerenciamento estratégico da irrigação;
- Definir e validar níveis ótimos de demandas hídricas para culturas irrigadas como informações de referência para o uso eficiente e/ou gestão não conflitiva das demandas por recursos hídricos como subsídios aos usuários, organismos de bacia e gestores públicos;
- É necessário um programa continuado de treinamento para disponibilizar as informações, metodologias e recursos de gerenciamento otimizado do uso da água na agricultura irrigada enquanto principal demanda de água da bacia;
- Recomenda-se que sejam realizados treinamentos para técnicos e mobilização de usuários da região para demonstrar e disseminar as vantagens econômicas e ambientais do uso eficiente da água na irrigação;

- Alguns aspectos foram percebidos como prioritários, como a necessidade de detalhamento e/ou ajuste fino na compreensão do ano hidrológico na bacia hidrográfica do rio Verde/Jacaré, definindo de forma consistente e precisa os momentos significativos de entradas e saídas de água, os períodos de escassez, considerando as dimensões espaço-temporal e a possibilidade de ampliação do estudo para todo trecho da bacia do São Francisco inserida no território do Estado da Bahia;
- O acompanhamento das variações climáticas é uma atividade que depende da disponibilidade de informações coletadas em redes de observações meteorológicas. A ausência de séries históricas confiáveis e a insuficiência de estações, tanto em número quanto em uniformidade nos períodos de funcionamento, não permitem avaliar as variações do clima e, conseqüentemente, da hidrologia regional;
- Aumentar o número de estações meteorológicas automáticas de longa autonomia e instalar linigráfos;
- A rede de coleta de dados hidrometeorológicos deverá ser coerentemente instalada e operada segundo os padrões internacionais da Organização Mundial de Meteorologia – OMM, tais como:
 - Espaçamento máximo entre as estações deverá ser de aproximadamente 100 Km, permitindo o uso eficiente das informações como condições iniciais para modelos globais e regionais de previsão de tempo e clima;
 - A distribuição das estações deverá atender os diferentes comportamentos climáticos regionais, assim como das variações de relevo e vegetação ao longo da bacia;
 - A escolha de locais que apresentem uma certa segurança seja requisito para designar a localização da estação de coleta de dados.
- Utilizando-se dos critérios acima, e considerando infra-estrutura, condições de acesso viário e as regiões homogêneas da bacia do rio São Francisco, identificou-se 20 (vinte) localidades dentro da bacia para compor a rede de Plataformas de Coleta de Dados automáticas (PCD). Contudo, devido aos altos custos das PCD's optou-se pela instalação de apenas 11 (onze) Plataformas;
- Cada estação deverá ser dotada, no mínimo, de sensores de pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade do vento, radiação solar, temperatura e umidade do ar. Outros sensores poderão ser acrescidos as estações para complementação das observações, destinadas a atender setores como agrometeorologia, climatologia e outros;
- A implantação desta rede de PCD's permitirá o monitoramento das condições climáticas e hidrológicas, além de contribuir para manter o Banco de Dados Hidrometeorológicos do Estado da Bahia - BDRH, o qual deverá servir de base no gerenciamento dos recursos hídricos, nos processos de outorga, setor energético, setores ligados à agricultura, meio ambiente, defesa civil, lazer e turismo, pesquisa científica, entre outras;
- Dentre os principais produtos que poderão ser disponibilizados destacam-se: 1) emissão de boletim meteorológico com previsões de até cinco dias e tendência do comportamento climático com três meses de antecedência; 2) emissão de boletins de alerta de tempo severo e de ocorrências de adversidades climáticas; 3) zoneamento agrometeorológico

para as principais culturas da Bacia; 4) sistema de disponibilidade hídrica para a agricultura e levantamento hidrológico das microbacias hidrográficas dentro da bacia do rio São Francisco;

- Estabelecer as interações a nível regional e global, bem como avaliar as conseqüências das mudanças globais do clima e dos usos dos recursos hídricos na bacia;
- Que a metodologia desenvolvida e as recomendações do Subprojeto 1.5 sejam aplicadas em todo o curso do rio São Francisco no território do Estado da Bahia, onde se pratique agricultura intensiva irrigada e existam evidências de estreita interação entre água superficial e água subterrânea;
- Mobilização para disseminação de toda informação, levantada pelo Subprojeto 1.5, convênio SRH/UFBA e para a formação do comitê da bacia.

9.2. Recomendações de Caráter Específico

- As etapas de estudos básicos fundamentais necessários sobre o sistema aquífero/rio da bacia dos rios Verde/Jacaré, para que o modelo hidrogeológico seja utilizado como ferramenta de apoio à decisão, são as seguintes:
- Estimar e validar os volumes das reservas hídricas do aquífero cárstico;
- Realizar e interpretar resultados de experimentos com traçadores natural e artificial;
- Proceder análises de hidrogramas na saída das nascentes (análise de recessão e separação dos seus componentes);
- Realizar balanços hídricos completos caracterizando o ano hidrológico;
- Análises estatísticas entre variável dependente em função dos variáveis independentes de entradas e saídas (autocorrelação e correlação cruzada);
- Estudo do mecanismo da infiltração e recarga concentrada em sumidouros e difusa na zona calcária fissurada;
- Coletas de água de chuva, poços e rios para análises isotópicas com oxigênio 18, deutério, outros marcadores e a construção de mapas atualizados com equipotenciais e linhas de resultantes de direção de fluxos são necessárias para validação das hipóteses;
- Definir e implementar um programa de monitoramento ambiental para controle dos riscos de contaminação e uso de pesticidas através de um planejamento de amostragem, definindo frequência e número de amostras, a partir de dados cuidadosamente levantados e de acordo com a disponibilidade de recursos, interesses da sociedade e do órgão público responsável pela gestão e preservação dos recursos hídricos do Estado;
- Aumentar o número de pesticidas a serem analisados, dobrando para 20 compostos. Portanto, além daqueles que já foram rastreados, deve-se importar padrões de pesticidas que têm importância na legislação nacional e internacional, mas, sobretudo aqueles

pesticidas que têm importância na região em estudo, tais como: methamidophos, mancozeb, benomil (carbendazim e thiabendazole), linuron, dieldrin, DDT, endrin, 2,4D, lindano e permetrina;

- Para 20 pontos a serem estabelecidos, como hipótese inicial, um número mínimo de amostras a serem coletadas em cada período (6 meses) para água, solo e sedimento é de 120 amostras. Para confiabilidade dos resultados, as amostras serão em duplicata;
- Os pontos de amostragem devem ser suficientemente numerosos para permitir a interpretação dos resultados. Retirar pelo menos 6 amostras para a caracterização apropriada de um ciclo de flutuação ou um período de alta ou baixa concentração de resíduos;
- Determinar resíduos de pesticidas em alimentos, sobretudo cenoura, com amostras de campo e que estão sendo comercializadas;
- O tempo desejável do estudo para caracterizar a qualidade dos alimentos quanto à presença de pesticidas é de 2 anos. Nesse período, pode-se fazer um plano de amostragem mensal, coletando amostras dos produtos comercializados e/ou consumidos;
- Realizar ensaios com colunas de solo em laboratório, estabelecendo uma prova em banco e doses crescentes dos pesticidas mais aplicados, considerando persistência e mobilidade. Proceder à análise e estudo de correlação entre dosagem aplicada, tempo e nível de detecção no solo e na água, avaliando riscos de transferência de resíduos para o aquífero, por difusão ou percolação vertical da água;
- Estabelecer parcelas experimentais, em campo, com lisímetros de sucção para coletas de amostras de água em diferentes profundidades, até atingir a zona saturada do aquífero.

9.3. Propostas de Termos de Referência e Custos Associados

As metodologias adotadas e as atividades realizadas pelo subprojeto 1.5 permitem que as conclusões e recomendações apresentadas sirvam como subsídios e informações de referência para a elaboração do Programa de Gerenciamento Integrado – PGI da bacia do São Francisco. Neste sentido, as seguintes sínteses de termos de referência são apresentadas:

Quadro 3. Detalhamento dos recursos (em US\$) necessários para continuidade do projeto.

Especificação	Produtos/Duração	Valor (US)
Digitalização de mapa da bacia hidrográfica na escala 1:25.000 integrando o sistema rio/aquífero, georeferenciando todos poços e pontos de captação de água superficial para o estabelecimento das condições de contorno para a modelagem matemática.	Base cartográfica plani-altimétrica do terreno, mapa de solos, isoietas, rede hidrométrica e zonas homogêneas/10 meses.	20.000
Desenvolvimento de pesquisas com do uso de simulador de chuvas, linígrafos, medidores de nível automáticos, isótopos e outros marcadores para a determinação de	Instalação de equipamentos de parcelas experimentais de monitoramento e controle de difusão de contaminantes,	50.000

parâmetros que regulam a hidrodinâmica dos fluxos (entradas e saídas) e transporte de contaminantes para calibração e validação de modelo matemático para gestão de sistemas cársticos.	confeção e apresentação de mapa de vulnerabilidade e qualidade das águas, calibração do modflow e outros modelos como ferramentas de gestão das águas/12 meses.	
Implementar programa de monitoramento ambiental e mitigação de riscos sobre a saúde pública. Instalar rede de monitoramento e realizar amostragens sistemáticas, e realização de análises para rastreamento de resíduos de pesticidas em águas de mananciais utilizados para abastecimento humano e produtos agrícolas.	Mapa com especificação da rede de monitoramento georeferenciada e relatórios com resultados, conclusões e indicação de medidas mitigadoras de riscos de contaminação/2 anos.	80.000
Ampliação da rede hidrométrica e poços de observação no trecho da bacia do São Francisco no trecho do Estado da Bahia.	Montagem e operação da rede hidrométrica durante um ano. Apresentação de mapa da rede hidrométrica e relatório técnico da implantação e dados coletados e consistidos durante um ano/2 anos.	250.000
Campanhas de coletas sistemáticas de dados em campo, formatação de um sistema de informações, calibração e validação de modelo hidrogeológico e implantação de sistema de suporte à decisão agrícola nos grandes perímetros irrigados da bacia do São Francisco no trecho do Estado da Bahia.	Implantação de unidades piloto, calibração e capacitação para produtores irrigantes utilizarem o sistema de suporte a decisão para otimizar a eficiência do uso da água na irrigação. Apresentação de relatórios com indicadores técnicos de referência para sustentabilidade de projetos hidroagrícolas/2 anos.	130.000
Mobilização e capacitação de usuários, formação de um comitê de bacia atuante na gestão participativa e informatizada dos recursos hídricos subterrâneos e superficial na bacia, a partir de cenários desenhados estrategicamente.	Formação do Comitê da Bacia dos rios Verde/Jacaré/1 ano e meio.	70.000
TOTAL		600.000

• **Termo de Referência - 01**

Objetivos:

Digitalização de base cartográfica das bacias dos rios Verde e Jacaré na escala 1:25.000 integrando o sistema rio/aquífero georeferenciando todos poços perfurados e pontos de captação de água superficial, agregando aos mapas zonas cársticas e de conexão com o sistema aquífero/rio, de ocorrência fora dos divisores de água das bacias, para o estabelecimento de zonas homogêneas e condições de contorno para a modelagem matemática.

Valor do Contrato: U\$20.000

Área de Trabalho:

Geoprocessamento, geomática, hidrogeologia, hidrologia e geoestatística.

Atividades Específicas Principais:

Proceder a digitalização vetorizada da área, abrangência definida nos objetivos, através da técnica da fotorestituição utilizando fotografia aérea em escala 1:60.000, imagens de satélite, levantamento de malha de pontos de referência em campo com uso de GPS de precisão e cadastro de poços e outorgas concedidas nos rios Verde e Jacaré. Elaborar mapas temáticos de solos, usos atuais, regime de precipitação, rede hidrométrica.

Metodologia Geral do Trabalho:

Proceder levantamento e a sistematização de toda informação (cartográfica, banco de dados georeferenciado de poços e usuários dos recursos hídricos, fotografias aéreas, imagens de satélites) existente sobre a área. Realizar campanhas de campo para levantar malha de pontos de referência com GPS e identificar tipos de solos ocorrentes. Utilizar a técnica de fotorestituição e confeccionar base cartográfica na escala na escala 1:25.000 e mapas temáticos de solos, usos e zonas homogêneas.

Produtos:

Base cartográfica plani-altimétrica na escala 1:25.000, modelo digital do terreno, mapa de solos, isoietas, usos, rede hidrométrica e zonas homogêneas.

Cronograma Detalhado:

As etapas de trabalho de campo e a avaliação e aprovação dos produtos serão realizadas sob a supervisão da coordenação do subprojeto com a participação de professores/pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola - DEA da Escola de Agronomia e do Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente - NEHMA do Instituto de Geociências da UFBA. A execução das atividades/metasp será aproveitada como oportunidade para treinamento e capacitação de pessoal com o envolvimento de estudantes de Pós-graduação e Graduação em Agronomia, Geografia e Geologia.

Duração e Sede:

O desenvolvimento das atividades terá duração de oito meses. Os trabalhos serão realizados no campo, na microrregião de Irecê, no Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente - NEHMA e na Empresa especializada em geoprocessamento que vencer a tomada de preços para realizar os trabalhos.

Relatórios e Condições de Pagamento:

- Pagamentos contra produtos e pagamento final de 35% do valor do contrato após aprovação do produto final;
- Relatórios parciais e final apresentados em dois originais e disquete – Word 6.0 ou superior. (Relatório Final com resumo executivo em português e em inglês, com conclusões e recomendações).
- **Termo de Referência - 02**

Objetivos:

Desenvolvimento de pesquisas com o uso de simulador de chuvas, linígrafos, medidores de nível automáticos, isótopos e outros marcadores para a determinação de parâmetros que regulam a hidrodinâmica dos fluxos (entradas e saídas) e instalação de parcelas experimentais e realização de campanhas de para controle da qualidade da água para fins de enquadramento

e modelagem do transporte de contaminantes para calibração e validação de modelo matemático para gestão das demandas e proteção da qualidade da água em sistemas cársticos.

Custo da Atividade: US\$50.000

Área de Trabalho:

Hidrogeoquímica e Hidrologia

Atividades Específicas Principais:

Aquisição de medidores de nível automáticos, linígrafos, TDR, extrator de solução do solo, coleta do solo e montagem de coluna para simulação de transporte de contaminantes. Coletas de água e realização de análises isotópicas. Simulação da dinâmica de transporte de contaminantes na zona não saturada com uso do simulador de chuvas.

Metodologia Geral do Trabalho:

Aquisição e instalação de equipamentos, coletas mensais de água de poços e dos rios para analisar parâmetros de qualidade de água, realização de ensaios de difusão de contaminantes em condições de campo com uso do simulador de chuvas, instalação de parcelas experimentais para monitoramento sistemático e validação da dinâmica de difusão de contaminantes. Calibração do modflow e enquadramento das águas subterrâneas e superficiais.

Produtos:

Instalação de equipamentos e parcelas experimentais de monitoramento e controle de difusão de contaminantes, confecção e apresentação de mapa de vulnerabilidade e qualidade das águas, calibração do modflow como ferramenta de gestão da qualidade das águas.

Cronograma Detalhado:

A realização das atividades está prevista para um período de dois anos. As etapas de trabalho de campo e a avaliação e aprovação dos produtos serão realizadas sob a supervisão da coordenação do subprojeto com a participação de professores/pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola - DEA da Escola de Agronomia e do Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente - NEHMA do Instituto de Geociências da UFBA. Também, será aproveitado como oportunidade de treinamento e capacitação com o envolvimento de estudantes de Pós-graduação e Graduação em Agronomia, Geografia e Geologia.

Duração e Sede:

A duração dos trabalhos será de monitorar pelo menos dois anos hidrológicos completos, sendo ideal três anos. Os trabalhos serão realizados no campo na microrregião de Irecê, no Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente - NEHMA, no laboratório de física nuclear da UFBA.

Relatórios e Condições de Pagamento

- Pagamentos contra produtos e pagamento final de 35% do valor do contrato após aprovação do produto final;
- Relatórios parciais e final apresentados em dois originais e disquete – Word 6.0 ou superior. (Relatório Final com resumo executivo em português e em inglês, com conclusões e recomendações).

- **Termo de Referência - 03**

Objetivos:

Implementar programa de monitoramento ambiental e mitigação de riscos sobre a saúde pública pela contaminação da água e alimentos por resíduos de pesticidas, nitratos, cloretos e metais. Instalar rede de monitoramento e realizar amostragens sistemáticas, e realização de análises para rastreamento de resíduos de pesticidas em águas de mananciais utilizados para abastecimento humano e também analisar resíduos de pesticidas em produtos agrícolas.

Custo: U\$80.000

Área de Trabalho:

Cromatografia e estatística.

Atividades Específicas Principais:

Realizar coletas sistemáticas de amostras de água durante um ano hidrológico completo e proceder análise cromatográfica para rastrear resíduos de pesticidas, concentrações de nitrato, cloretos e elementos traços, na água de poços e rios. Coletar amostras de alimentos e realizar análise de resíduos de pesticidas.

Metodologia Geral do Trabalho:

Aplicar análise estatística para definir pontos, frequência e número de amostras de água a serem coletas. Proceder as coletas de amostras com técnicas adequadas, acondicionamento a baixa temperatura e análise cromatográfica para resíduos de pesticidas. Análise de amostras de água, coletadas em poços e nas residências, utilizados para abastecimento humano. Rastreamento de resíduos de pesticidas em amostras de cenoura, cebola e beterraba.

Produtos:

Mapa com especificação da rede de monitoramento georeferenciada e relatórios com resultados, conclusões e indicação de medidas mitigadoras de riscos de contaminação.

Cronograma Detalhado:

As etapas de trabalho de campo, a avaliação e aprovação dos produtos serão realizadas sob a supervisão da coordenação do subprojeto com a participação de professores/pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola - DEA da Escola de Agronomia e do Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente -NEHMA do Instituto de Geociências da UFBA. Também, será aproveitado como oportunidade de treinamento e capacitação com o envolvimento de estudantes de Pós-graduação e Graduação em Agronomia, Geografia e Geologia.

Duração e Sede:

Os trabalhos serão realizados no campo na microrregião de Irecê e no Laboratório de Cromatografia da Universidade Federal de Sergipe, durante um ano hidrológico completo.

Relatórios e Condições de Pagamento

- Pagamentos contra produtos e pagamento final de 35% do valor do contrato após aprovação do produto final;

- Relatórios parciais e final apresentados em dois originais e disquete – Word 6.0 ou superior. (Relatório Final com resumo executivo em português e em inglês, com conclusões e recomendações).

- **Termo de Referência - 04**

Objetivos:

Ampliação da rede hidrométrica, incluindo poços de observação, na bacia do São Francisco no trecho do Estado da Bahia, para alimentar banco de dados para modelagem da hidrodinâmica da bacia.

Custo: US\$250.000

Área de Trabalho:

Hidrometria e meteorologia

Atividades Específicas Principais:

Definir pontos adequados e instalar rede hidrométrica com estações meteorológicas e linígrafos.

Metodologia Geral do Trabalho:

A partir dos critérios definidos pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) definir o número e local de instalação de estações meteorológicas e segundo critérios hidrológicos o número e local da instalação de linígrafos para a coleta de dados para a calibração de modelagem hidrológica da bacia.

Produtos:

Montagem e operação da rede hidrométrica durante um ano. Apresentação de mapa da rede hidrométrica e relatório técnico da implantação e dados coletados e consistidos durante um ano.

Cronograma Detalhado:

Estima-se um período de dois anos e para a aquisição dos equipamentos, instalação da rede e operação durante o período de um ano hidrológico.

Duração e Sede:

Os trabalhos serão realizados num período de um ano e meio, no campo, na região definida nos objetivos.

Relatórios e Condições de Pagamento:

- Pagamentos contra produtos e pagamento final de 35% do valor do contrato após aprovação do produto final;
- Relatórios parciais e final apresentados em dois originais e disquete – Word 6.0 ou superior. (Relatório Final com resumo executivo em português e em inglês, com conclusões e recomendações).

- **Termo de Referência - 05**

Objetivos:

Campanhas de coletas sistemáticas de dados em campo, formatação de um sistema de informações, calibração e implantação de sistema de suporte à decisão agrícola nos grandes perímetros irrigados da bacia do São Francisco no trecho do Estado da Bahia.

Custo: U\$130.000

Área de Trabalho:

Engenharia Agrícola e Hidroinformática.

Atividades Específicas Principais:

Avaliação da eficiência dos sistemas de irrigação dos principais perímetros irrigados da Bahia inseridos na bacia do rio São Francisco.

Metodologia Geral do Trabalho:

Reuniões técnicas com produtores irrigantes e técnicos nos principais perímetros irrigados da Bahia inseridos na bacia do São Francisco, instalação de unidades piloto para calibração treinamentos de usuários para aplicação do Sistema de Suporte a Decisão para o gerenciamento das demandas e otimização da eficiência de aplicação da água nos cultivos irrigados enquanto demanda mais expressiva de uso consuntivo da água.

Produtos:

Implantação de unidades piloto, calibração e capacitação para produtores irrigantes utilizarem o sistema de suporte a decisão para otimizar a eficiência do uso da água na irrigação. Apresentação de relatórios com indicadores técnicos de referência para sustentabilidade de projetos hidroagrícolas.

Cronograma Detalhado:

As atividades serão realizadas em um período de 2 anos. As etapas de trabalho de campo, a avaliação e aprovação dos produtos serão realizadas sob a supervisão da coordenação do subprojeto com a participação de professores/pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola - DEA da Escola de Agronomia e do Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente -NEHMA do Instituto de Geociências da UFBA. Também, será aproveitado como oportunidade de treinamento e capacitação com o envolvimento de estudantes de Pós-graduação e Graduação em Agronomia, Geografia e Geologia.

Duração e Sede:

Os trabalhos serão realizados num período de 2 anos, no campo na região definida nos objetivos, no Departamento de Engenharia Agrícola da Escola de Agronomia e no Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente do Instituto de Geociências da UFBA.

Relatórios e Condições de Pagamento

- Pagamentos contra produtos e pagamento final de 35% do valor do contrato após aprovação do produto final;
- Relatórios parciais e final apresentados em dois originais e disquete – Word 6.0 ou superior. (Relatório Final com resumo executivo em português e em inglês, com conclusões e recomendações).

- **Termo de Referência - 06**

Objetivos:

Mobilização e capacitação de usuários para a formação de um comitê de bacia e/ou consórcio de irrigantes atuante na gestão participativa e informatizada dos recursos hídricos subterrâneos e superficial na bacia dos rios Verde/Jacaré.

Custo: US\$70.000

Área de Trabalho:

Sociologia, hidrologia, agronomia, educação.

Atividades Específicas Principais:

Realização de diagnóstico sobre o nível de organização já existente na bacia (associações, cooperativas, sindicatos, ONG's, usos múltiplos da água, atores poder público e levantamento de problemas relacionados com a gestão das demandas e qualidade da água com a identificação da raiz causal. Constituição formal do comitê.

Metodologia Geral do Trabalho:

Mobilização de usuários através de reuniões, seminários, Workshop realizados em todos os municípios que integram as bacias hidrográficas dos rios Verde e Jacaré, as atividades serão realizadas, coordenadas e avaliadas com a participação de professores/pesquisadores da UFBA e OGN's.

Produtos:

Formação do Comitê da Bacia dos rios Verde/Jacaré.

Cronograma Detalhado:

As atividades serão realizadas em um período de 2 anos, com a realização de reuniões mensais em todos os municípios e reuniões integrativas intermunicipais trimestrais com a participação de representantes de usuários de todos os municípios.

Duração e Sede:

Os trabalhos serão realizados num período de um ano e meio, finalizando com a formação do comitê da bacia e implantação de um modelo de gestão informatizada como ferramenta de suporte a decisão na gestão integrada da água superficial e subterrânea.

Relatórios e Condições de Pagamento

- Pagamentos contra produtos e pagamento final de 35% do valor do contrato após aprovação do produto final;
- Relatórios parciais e final apresentados em dois originais e disquete – Word 6.0 ou superior. (Relatório Final com resumo executivo em português e em inglês, com conclusões e recomendações).

CUSTO TOTAL: US\$ 600.000

IMPACTO DA AGRICULTURA NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA DO RIO VERDE/JACARÉ - BA

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA SUB-BACIA DO VERDE/JACARÉ	3
1.1. Localização	3
1.2. Características Geomorfológicas.	5
1.3. Características Hidrometeorológicas	6
1.4. Características Geológicas	18
1.5. Características de Solos	19
1.6. Cobertura Vegetal	21
2. CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E AGRICULTURA DA SUB-BACIA	22
2.1. Características Sócio-econômicas	22
2.1.1. Demografia	22
2.1.2. Educação	22
2.1.3. Saúde	22
2.1.4. Infra-estrutura	23
2.2. Atividades Produtivas.	24
2.3. Agricultura na Sub-bacia do Verde/Jacaré	25
2.4. Projetos de Irrigação Existentes	26
3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA SUB-BACIA DO VERDE/JACARÉ	29
3.1. Características Hidrogeológicas e Hidrodinâmicas	29
3.2. Inventário de Poços – Áreas de Maior Concentração	33
3.3. Sistema Aquífero/rio e Disponibilidade de Água Subterrânea e de Água Superficial	34
3.4. Uso dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.	41
3.5. Estimativa Preliminar da Capacidade de Produção Média dos Poços Explorados	42
3.6. Qualidade da Água Subterrânea	43
3.7. Resultados das Análises	53
4. DIAGNÓSTICO SÍNTESE E INDICADORES DE IMPACTOS DA AGRICULTURA INTENSIVA SOBRE A QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL	60
5. SISTEMA PILOTO DE CONTROLE E MONITORAMENTO	62
5.1. Definição de Critérios e Procedimentos Básicos para Implantação de um Sistema de Monitoramento dos Impactos da Agricultura sobre os Recursos Hídricos.	62
5.2. Seleção dos Pontos para Estabelecimento do Sistema de Monitoramento das Águas Subterrâneas	63

6. INFORMAÇÕES DE REFERÊNCIA PARA ESTRUTURAÇÃO DE MODELO HIDROGEOLÓGICO PARA O AQUIFERO CARSTICO DE IRECÊ-BA.	66
6.1. Caracterização da Zona Não Saturada	66
6.2. Áreas de Recarga	67
6.3. Condições de Fluxo.	69
6.4. Áreas de Descarga	72
7. SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO AGRÍCOLA – SISDA APLICADO A GESTÃO OTIMIZADA DAS DEMANDAS HÍDRICAS PARA USO NA IRRIGAÇÃO	74
7.1. Unidades Piloto de Monitoramento do Consumo da Água pela Irrigação	74
8. CONCLUSÕES	81
8.1. Conclusões Gerais	81
8.2. Conclusões Específicas	82
8.2.1. Aspectos Hidrogeológicos Característicos da Sub-bacia do Rio Verde/Jacaré.	82
8.2.2. Impactos da Agricultura Intensiva Irrigada sobre a Quantidade e Qualidade da Água na Bacia.	83
8.2.3. Sistema Piloto de Controle e Monitoramento	84
8.2.4. Modelo Hidrogeológico	85
8.2.5. Sistema de Suporte à Decisão Agrícola – SISDA Aplicado à Gestão Otimizada das Demandas Hídricas para Uso na Irrigação	86
9. RECOMENDAÇÕES	87
9.1. Recomendações de Caráter Estruturante para a Gestão do Uso e Conservação dos Recursos Naturais Água e Solo na Sub-bacia.	87
9.2. Recomendações de Caráter Específico	89
9.3. Propostas de Termos de Referência e Custos Associados	90
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
10.1. Referências Específicas sobre a Sub-bacia	97
10.2. Referências Gerais	97
11. ATORES	99
11.1. Entidades Envolvidas com Água Subterrânea na Sub-bacia	99
11.2. Pessoal que Participou Direta e Indiretamente do Subprojeto	100

ANEXOS

1. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS E PLUVIOMÉTRICOS A PARTIR DAS SÉRIES HISTÓRICAS EXISTENTES EM DUAS ESTAÇÕES SITUADAS NA BACIA DO RIO VERDE/JACARÉ.	1
2. SISTEMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA, SOLO E ALIMENTOS POR PESTICIDAS.	1
3. APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO AGRÍCOLA PARA GESTÃO OTIMIZADA DAS DEMANDAS HÍDRICAS PARA USO NA IRRIGAÇÃO: IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES PILOTO DE	1

GERENCIAMENTO E ESTUDO DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DOS PRINCIPAIS CULTIVOS.

- 4. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS CLIMATOLÓGICOS, QUANTIFICAÇÃO E ESTUDO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DOS ELEMENTOS DO CLIMA, A PARTIR DAS SÉRIES HISTÓRICAS EXISTENTES.** 1
- 5. CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS FAVORÁVEIS PARA O CONTROLE DA REDE DE MONITORAMENTO DE POÇOS.** 1
- 6. INVENTARIO DE POÇOS** 1
- 7. II SEMINÁRIO: USO E GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS ÁGUA E SOLO BACIA DOS RIOS VERDE/JACARÉ – MICRORREGIÃO DE IRECE** 1
- 8. WORKSHOP: INTEGRAÇÃO INTERINSTITUCIONAL E NIVELAMENTO TÉCNICO COM BASE EM INFORMAÇÕES E METODOLOGIAS NO PROJETO GEF – SÃO FRANCISCO E CONVENIO SRH/UFBA** 1
- 9. CURSOS: NOÇÕES BÁSICAS DE USO DE GPS E SONDAS. MONITORAMENTO DE AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS.** 1

LISTA DE FIGURAS

- 1 Mapa de subdivisão das regiões administrativas da água e das bacias hidrográficas do Estado da Bahia destacando a área do subprojeto 1.5. 3
- 2 Mapa de domínios hidrogeológicos do Estado da Bahia. 4
- 3 Mapa de localização das áreas de estudo. 5
- 4 Representação (3D e 2D) da topografia, onde é possível identificar com mais clareza os pontos mais altos da bacia dos rios Verde/Jacaré. 6
- 5 Extrato do balanço hídrico normal por Thornthwaite & Mather, (1955). 10
- 6 Valores médios mensais e variabilidade das precipitações para a localidade de Irecê (11°18' S; 41°52' W) no interior da bacia em estudo. Os meses e épocas de mais chuvas apresentam variabilidade menor. 12
- 7 Valores médios mensais e variabilidade das precipitações para a localidade de Xique-Xique (10°50' S; 42°43' W) no interior da bacia em estudo. Os meses e épocas de mais chuvas apresentam variabilidade menor. 12
- 8 Série temporal média das precipitações (mm) e sua tendência de longo prazo dentro da bacia dos rios Verde/Jacaré, entre 1911 e 1983. A linha vermelha indica a tendência obtida pelo método dos mínimos quadrados. 13
- 9 Comportamento médio anual das chuvas para o período de 1991 a 1983 na bacia dos rios Verde/Jacaré. 15
- 10 Primeiro trimestre chuvoso da Bacia (novembro/dezembro/janeiro) dentro da Bacia dos Rios Verde/Jacaré. Este trimestre é considerado o principal período chuvoso da Bacia. 16
- 11 Comportamento das chuvas no trimestre (fevereiro/março/abril) com valores entre 100 e 600 mm. 16
- 12 Comportamento das chuvas no trimestre (maio/junho/julho) com valores entre 30 e 300 mm. 17

13	Comportamento das chuvas no trimestre (agosto/setembro/outubro) com valores entre 10 e 210 mm.	17
14	Isolinhas do nível freático e linhas de fluxo	31
15	Localização da maior concentração de poços explorados na bacia do rio Verde/Jacaré	33
16	Valores comparativos de vazões mensais no rio Verde	36
17	Valores comparativos de vazões anuais no rio Verde	36
18	Curva do volume requerido para garantir uma certa vazão mensal com uma probabilidade pré-definida (95%). Rio Verde – estação 47236000	37
19	Curva do volume requerido para garantir vazões mensais com vários níveis de probabilidade. Rio Verde – estação 47236000	37
20	Curvas de disponibilidade máxima mensal e da vazão máxima mensal garantida. Rio Verde – estação 47236000	38
21	Curvas de gastos. Rio Verde – estação 47236000	38
22	Curvas de gastos. Rio Verde – estação 47249000	39
23	Curvas de gastos. Rio Jacaré – estação 47480000	39
24	Vazões médias mensais. Rio Verde – estação 47249000	40
25	Vazões médias mensais. Rio Jacaré – estação 47480000	40
26	Vazões médias semestrais. Rio Jacaré – estação 47480000	41
27	Variação do nível estático nos poços perfurados na bacia do rio Verde/Jacaré.	43
28	Evolução dos teores de nitrato nas águas do aquífero cárstico de Irecê.	46
29	Variação temporal das concentrações de cloreto no aquífero cárstico de Irecê	46
30	Detalhes do procedimento para extração de água do solo	51
31	Evolução das formas de absorção	69
32	Comportamento e modificações na dinâmica de fluxos da água.	70
33	Comportamento e modificações na dinâmica de fluxos da água.	70
34	Modelo conceitual do fluxo no conduto dos aquíferos cársticos.	72
35	Saída básica do programa SISDA para uma das Unidades Piloto. Informa déficit de água no solo, eficiência de irrigação, tempo de irrigação e escala de cores para indicar menor ou maior urgência de irrigação (azul, amarelo e vermelho).	76

LISTA DE QUADRO

1	Valor médio mensal e desvio padrão das temperaturas máximas (a) e mínimas (b), em °C, para a localidade de Remanso no período de 1961 a 1970.	7
2	Indicadores climáticos locais – Município de Irecê – 1944/1994	8
3	Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather, (1955). Latitude 11°18' - Longitude 41°52' - Altitude 747mm. Período 1944/1994.	9
4	Cálculo da Precipitação Efetiva. Método SCS\USDA. Serviço de Conservação de Solos dos EUA	10
5	Chuvas médias anuais (mm) na bacia dos rios Verde/Jacaré, como um todo, para um período de 1912 a 1983.	13
6	Média mensal e o desvio padrão (mm) para a bacia dos rios Verde/Jacaré, como um todo.	15
7	Apresenta a média e percentual de matrículas por nível de ensino.	22
8	Dados de variação de níveis piezométricos do aquífero cárstico de Irecê (1980-1982).	32
9	Pesticidas mais utilizados na Microrregião de Irecê-BA.	47
10	Características dos pesticidas mais utilizados pelos produtores rurais.	48
11	Caracterização dos resultados das análises	53
12	Dados das amostras de campo.	56

13	Resultados da análise de pesticidas em amostra de água.	57
14	Resultados da análise de pesticidas em amostra de água.	57
15	Resultados da análise de pesticidas em amostra de água.	58
16	Definição de rede de poços de observação e piezômetros.	63
17	Valores médios de propriedades físicas de Cambissolos submetidos a manejo intensivo irrigado por um período de 15 anos, comparados a perfis de referência, em diferentes profundidades – Microrregião de Irecê – Bahia.	67
18	Resumo das características das áreas piloto	75
19	Valores simulados de evapotranspiração de referência (Eto) e das culturas da cenoura, cebola e beterraba (ETc), precipitação pluviométrica, lâmina líquida e bruta para projeto de sistema de irrigação, para as duas épocas de plantio (primeiro e segundo semestre) e dois níveis de probabilidade de precipitação, 50% (média) e 75% (valores normais de projeto), para IRECÊ.	78
20	Valores simulados de evapotranspiração de referência (Eto) e das culturas da CENOURA, CEBOLA e BETERRABA (ETc), precipitação pluviométrica, lâmina líquida e bruta para projeto de sistema de irrigação, para as duas épocas de plantio (primeiro e segundo semestre) e dois níveis de probabilidade de precipitação, 50% (média) e 75% (valores normais de projeto), para a cidade de Morro do Chapéu.	79

LISTA DE FOTOS

1	Perfil de Cambissolo	19
2	Perfil de Latossolo	19
3	Implantação e capacitação para uso do sistema de suporte a decisão - SISDA	27
4	Avaliação da eficiência do uso da água e do manejo da irrigação	27
5	Instalação de estrutura de coleta de dados para alimentar o SISDA para o gerenciamento otimizado das demandas hídricas em área piloto.	27
6	Abertura das Trincheiras para Coleta de Solo	49
7	Detalhe da Coleta de Amostra de Solo no Campo	49
8	Detalhe do Armazenamento das Amostras de Solo em Câmara Refrigerada	49
9	Perfurador Manual	50
10	Trado de aço inox	50
11	Lisímetro de sucção	50
12	Extrator de solução	50
13	Aplicação de sucção com mini-bomba a vácuo do tipo seringa	51
14	Aplicação de sucção com mini-bomba a vácuo do tipo seringa	51
15	Frascos tipo âmbar	52
16	Armazenamento em câmara fria	52
17	Evidências de degradação do solo e desestabilização da estrutura do aquífero. Solapamento de dolina em consequência da sobre-exploração.	61
18	Mecanização e uso do solo até as margens do rio, implicando em assoreamento e degradação da bacia hidrográfica.	61
19	Embalagens de agrotóxicos descartadas no ambiente ao lado de um poço aberto.	61
20	Uso perdulário da água pela baixa eficiência na aplicação e no manejo da irrigação e do solo.	61
21	Mecanização intensiva provocando degradação físico-hídrica do solo.	61
22	Avaliação de processo de degradação física e química na zona não saturada do aquífero (solo irrigado).	61
23	Características da estação meteorológica instalada nas Áreas Pilotos, abrigo meteorológico com termômetro de máxima e mínima (A) e detalhe do pluviômetro	75

- (B).
24 Vista geral da área irrigada com a cultura da cenoura por pivô central (A) e da pinha 75 por gotejamento (A).

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA -	Agência Nacional de Águas
CEE -	Comunidade Econômica Européia
CETESB -	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CNPq -	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DL₅₀ -	Dose Letal 50
EPA -	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
FAO/OMS -	Organização Mundial para Alimentação / Organização Mundial de Saúde
GC/MS -	Cromatografia m Fase Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas
GEF -	Fundo para o Meio Ambiente Mundial
LCP -	Laboratório de Análise de Combustíveis e Poluentes Orgânicos
LD -	Limite de Detecção
LQ -	Limite de Quantificação
MAA -	Ministério da Agricultura e do Abastecimento
MS -	Ministério da Saúde
NBR -	Norma Brasileira
OEA -	Organização dos Estados Americanos
P&D -	Pesquisa e Desenvolvimento
PNUMA -	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POP -	Poluente Orgânico Persistente
SIM -	Monitoramento do Íon Seleccionado
SUDENE -	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
USGS -	United States Geological Survey
ANP -	Anomalias da Precipitação Normalizadas
TSM -	Temperatura da Superfície do Mar
VCAS -	Vórtices Ciclônicos de Ar Superior
ZCAS -	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ENSO -	El Niño/Oscilação Sul
OMM -	Organização Mundial de Meteorologia
BDRH -	Banco de Dados de Recursos Hídricos
PCD -	Plataforma de Coleta de Dados
INPE -	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SRH -	Superintendência de Recursos Hídricos