

Série Documentos

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Nº 45 - 2009 ISSN 0102 - 2164

Coletânea e análise de impactos ambientais gerados pelo Perímetro Irrigado de Jaíba



**Coletânea e análise de impactos
ambientais gerados pelo
Perímetro Irrigado de Jaíba**

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Aécio Neves
Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Gilman Viana Rodrigues
Secretário

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

Conselho de Administração

Gilman Viana Rodrigues
Baldonado Arthur Napoleão
Pedro Antônio Arraes Pereira
Aduino Ferreira Barcelos
Osmar Aleixo Rodrigues Filho
Décio Bruxel
Sandra Gesteira Coelho
Elifas Nunes de Alcântara
Vicente José Gamarano
Joanito Campos Júnior
Helton Mattana Saturnino

Conselho Fiscal

Carmo Robilota Zeitune
Heli de Oliveira Penido
José Clementino dos Santos
Evandro de Oliveira Neiva
Márcia Dias da Cruz
Celso Costa Moreira

Presidência

Baldonado Arthur Napoleão

Diretoria de Operações Técnicas

Enilson Abrahão

Diretoria de Administração e Finanças

Luiz Carlos Gomes Guerra



EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS

Série Documentos nº 45

ISSN 0102-2164

Coletânea e análise de impactos ambientais gerados pelo Perímetro Irrigado de Jaíba¹

Fúlvio Rodriguez Simão²

Manoel Alves de Faria³

Édio Luiz da Costa⁴

Polyanna Mara de Oliveira⁵

Belo Horizonte
2009

¹*Elaborado a partir da Monografia apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Lavras - Departamento de Ciências dos Solos (UFLA-DCS), como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas, para a obtenção do título de especialização, com orientação do segundo autor.*

²*Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG NM/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal, 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: fulvio@epamig.br*

³*Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof. UFLA - Dep^o Engenharia, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: mafaria@ufla.br*

⁴*Eng^o Agrícola, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG CO, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: edio.costa@epamig.br*

⁵*Eng^o Agrícola, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG NM/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: polyanna.mara@epamig.br*

©1983 EPAMIG
Série Documentos, 45
ISSN 0102-2164

A reprodução desta Série Documentos, total ou parcial, poderá ser feita, desde que citada a fonte. Os nomes comerciais apresentados nesta Série Documentos são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferência por parte da EPAMIG por este ou aquele produto comercial.

A citação dos termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelo(s) autor(es).

PRODUÇÃO

Departamento de Publicações

Editor

Vânia Lacerda

Diagramação: Maria Alice Vieira, Cláudio Diniz Alves (estagiário), Erasmo dos Reis Pereira e Fabriciano Chaves Amaral

Normalização: Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira

Revisão: Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira

Capa: Cláudio Diniz Alves (estagiário)

Foto da capa: Fúlvio Rodriguez Simão

Aquisição de exemplares: Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia - Divisão de Transferência Tecnológica

Telefax: (31) 3489-5002, e-mail: publicacao@epamig.br

Impressão:



IMPRENSA OFICIAL
Governo do Estado de Minas Gerais

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária:
EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV

Coletânea e análise de impactos ambientais gerados pelo Perímetro Irrigado de Jaíba/Fúlvio Rodriguez Simão... [et al.]. – Belo Horizonte: EPAMIG, 2009.

68p. – (EPAMIG. Série Documentos, 45).

ISSN 0102-2164

1. Irrigação. 2. Projeto Jaíba. 3. Impacto ambiental. I. Simão, F.R. II. Faria, M.A. de. III. Costa, E.L. da. IV. Oliveira, P.M. de.

CDD 631.7

AGRADECIMENTO

Ao Dr. Enilson Abrahão, pela ideia de transformar em Série Documentos a monografia apresentada pelo primeiro autor à UFLA-DCS, como parte das exigências de curso de pós-graduação.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	09
INTRODUÇÃO	11
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	12
IRRIGAÇÃO E O MEIO AMBIENTE	17
Salinização dos solos	19
Contaminação dos recursos hídricos	25
Consumo de água	26
Saúde pública	29
VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS	29
AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO	31
PROJETO DE IRRIGAÇÃO DO JAÍBA	35
Abrangência do Projeto Jaíba	39
ASPECTOS DO PROJETO JAÍBA RELACIONADOS COM O MEIO AMBIENTE	40
Condição climática	42
Caracterização edáfica	45
A água do Projeto Jaíba	50
Sistemas de irrigação	54
Manejo da irrigação	55
Desempenho econômico e social	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
Aspectos que necessitam ser avaliados	60
SUGESTÕES	61
CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	63

APRESENTAÇÃO

O tema escolhido para esta Série Documentos é extremamente atual. O Projeto de Irrigação do Jaíba, após décadas de sua idealização, atinge agora o mais alto nível de ocupação de suas áreas, com geração de renda e utilização de mão-de-obra, além da preocupação com aspectos relacionados com o meio ambiente e o local.

O sucesso atual do Projeto Jaíba é atribuído à fruticultura, referência nacional neste setor, ao aumento de sua integração com as agroindústrias processadoras de frutas, ao incremento de setores relacionados com a agro-energia e a pecuária, bem como à introdução de novas atividades, como a cafeicultura. Em todas essas cadeias produtivas, o respeito ao meio ambiente é exigência tanto de produtores, quanto de consumidores e dos demais atores envolvidos no processo.

O que acontecer ao ambiente do Jaíba também está intrinsecamente ligado ao destino daqueles que dele tiram seu sustento.

Baldonado Arthur Napoleão
Presidente da EPAMIG

INTRODUÇÃO

O Projeto Jaíba é considerado o maior perímetro de irrigação da América Latina, representando importância estratégica para o Brasil. Caso sua total ocupação ocorra de forma sustentável, pode propiciar grandes benefícios para a sociedade. Para tanto, a relação do projeto com o ambiente deve ser adequadamente estudada. A hipótese testada foi aquela na qual o projeto pode provocar diversos impactos ambientais de importância na sua região de abrangência.

A pesquisa baseou-se nos tópicos de maior relevância para este trabalho, como Avaliação de Impactos Ambientais; Irrigação e Ambiente e Projeto de Irrigação do Jaíba, que foram procurados em diversas fontes, como: internet, teses, livros, manuais e artigos científicos. Não se delimitou o período de análise, entretanto, observou-se o período de coleta dos dados durante as pesquisas, permitindo, assim, comparar a evolução temporal de alguns parâmetros analisados.

A busca de conhecimento sobre impactos deste importante projeto possibilitará minimizar seus fatores negativos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da sua região, em atendimento às necessidades do presente, sem comprometer os recursos das gerações futuras, contemplando os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Este tipo de estudo servirá de subsídio para que a possível implantação de perímetros irrigados semelhantes ocorra com maior sustentabilidade, portanto, tem como objetivos:

- a) identificar impactos ambientais, provocados pelo Projeto Jaíba;
- b) identificar impactos ainda não estudados;
- c) apresentar sugestões para melhoria ambiental do perímetro e de seu entorno;
- d) avaliar a eficiência com que os recursos disponíveis são convertidos em benefícios para a sociedade;
- e) verificar se o projeto proporciona uma contribuição suficiente que justifique o uso dos recursos investidos.

AValiação DE IMPACTOS AMBIENTAIS

É considerado impacto ambiental, segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), qualquer intervenção humana que altere direta ou indiretamente as propriedades químicas, físicas e biológicas do meio ambiente (MAZZINI, 2003).

Um dos principais instrumentos para o estudo e o direcionamento de políticas, que visam assegurar a melhoria das alternativas de desenvolvimento, é a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) (BISSET, 1987).

A AIA é operacionalizada por meio do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). O papel do EIA é qualificar e, quando possível, quantificar antecipadamente o impacto ambiental, como suporte adequado ao planejamento de atividades relacionadas com o ambiente (MILARE, 1994). Rodrigues et al. (2003) explicam que o EIA é de maior abrangência que o RIMA e o engloba em si mesmo. O EIA compreende o levantamento da literatura científica e legal pertinente a questões ambientais, trabalhos de campo, análises de laboratório e a própria redação do relatório. E o RIMA destina-se ao esclarecimento das vantagens e consequências ambientais do empreendimento, e reflete as conclusões do EIA. Desse modo, o RIMA é o instrumento de comunicação do EIA ao gerente e ao público. Um outro ponto a destacar é que o EIA/RIMA de um empreendimento deve ter publicidade e participação pública, ou seja, primeiro o pedido de licenciamento, sua renovação e concessão devem ser publicados em jornal oficial e em um periódico de grande circulação. Depois, o documento é disponibilizado previamente para ser discutido pelo público interessado em uma audiência pública agendada. Com isso, assegura-se o direito à participação da sociedade na tomada de decisão sobre a instalação de um empreendimento em um determinado local.

Para a elaboração do EIA/RIMA, muitas vezes os aspectos ambientais são divididos em impacto sobre o meio físico; impacto sobre o meio biótico e impacto sobre o meio socioeconômico. Dentre os impactos sobre o meio físico, podem-se destacar a condição da água e do solo, a qualidade do ar dentre outros. Impactos sobre o meio biótico, referem-se aos relacionados com os seres vivos. Dentre esses impactos, em um sistema agrícola

irrigado, podem-se ressaltar a fauna do solo e a presença ou ausência de inimigos naturais e outros organismos benéficos às culturas, bem como a preservação das comunidades vegetais das áreas de reserva.

Os impactos causados pelo ser humano podem trazer prejuízos à flora da região, em termos de sua distribuição, composição, diversidade de espécies e arranjo espacial, ou seja, estruturas horizontal e vertical, bem como em termos de sua dinâmica. Assim, no estudo de impactos antrópicos sobre comunidades vegetais, deve-se atentar não só para a eliminação total ou parcial destas comunidades, mas também para eventuais mudanças nas suas estruturas (BERG, 2001).

Métodos de AIA são mecanismos estruturados para identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais (ERICKSON, 1994). Inicialmente, a AIA foi concebida especificamente para o abatimento dos impactos, definidos como “qualquer alteração nas características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia derivada das atividades humanas, e que possa direta ou indiretamente afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades econômicas e sociais; a biota; as condições estéticas e sanitárias e a qualidade dos recursos naturais”. É importante incluir na AIA as dimensões de manutenção da capacidade de suporte dos ecossistemas, a conservação da qualidade do ambiente e as dimensões socioculturais, econômicas e institucionais.

Uma ampla variedade de métodos de AIA está disponível em trabalhos dedicados ao tema e inseridos em várias linhas metodológicas principais, a saber: métodos *ad hoc*; listas de verificação e matrizes, descritivas ou escalares; sobreposição de mapas; redes de interação; diagramas de sistemas e modelos de simulação (RODRIGUES, 1998). Cada método apresenta vantagens e desvantagens e trata mais adequadamente de problemas e objetivos específicos, podendo-se assumir que a seleção, adaptação e desenvolvimento de métodos e sistemas de AIA dependem dos objetivos da avaliação (CANTER, 1977).

Rodrigues et al. (2002) propuseram, para avaliar o impacto de inovações tecnológicas em estabelecimentos agropecuários, um sistema de avaliação de impacto ambiental (Ambitec-Agro), que trata somente da

dimensão ecológica, composto de um conjunto de quatro aspectos associados aos impactos causados pela inovação tecnológica agropecuária no ambiente, ou seja: magnitude, eficiência e contribuição para a conservação e recuperação ambiental. Os resultados desse sistema são expressos graficamente em planilhas e as avaliações dos indicadores são agregadas em um Índice de Impacto Ambiental para a inovação tecnológica agropecuária.

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), a AIA pode ser abordada enquanto processo de avaliação dos efeitos ecológicos, econômicos e sociais, que podem advir da implantação de atividades antrópicas (projetos, planos e programas), e de monitoramento e controle desses efeitos pelo poder público e pela sociedade (IBAMA, 1995). Após ampla experiência mundial na utilização do instrumento de AIA, os métodos de elaboração do EIA/RIMA ou documentos técnicos semelhantes constituem ainda um dos principais focos nas discussões sobre esse instrumento.

Os métodos atualmente aplicados são basicamente de dois tipos:

- a) adaptações de métodos consagrados em áreas de conhecimento específico para utilização na avaliação de impacto ambiental;
- b) métodos diretamente desenvolvidos para atender o dispositivo legal que orienta a realização de estudos de impacto ambiental, que corresponde, no Brasil, à Resolução Conama nº 1/86 (CONAMA, 1986).

Dentre os métodos adaptados para fins do estudo de impacto ambiental ou outros documentos técnicos semelhantes, têm-se a Análise do Valor de Uso, a Simulação Dinâmica de Sistemas e a Análise de Custo-Benefício. Já dentre os métodos especialmente desenvolvidos para a realização de estudos de impacto ambiental destaca-se a Análise do Risco Ecológico.

Motta (1991) faz a discussão das técnicas das Análises de Custo-Benefício na AIA e mostra as dificuldades de medir monetariamente os impactos ambientais, ou seja, os efeitos ambientais das atividades humanas. Destaca-se a sua importância, apesar das limitações que apresenta, dada a contribuição que essa técnica oferece ao controle racional do ambiente na Europa e nos Estados Unidos. Segundo o autor, apesar de pouco ou

nada ter sido feito no Brasil nessa direção, com pouca sofisticação, e feitas as adaptações necessárias, seria possível empregar essas técnicas com sucesso, com o objetivo de oferecer alguns indicadores econômicos que pudessem colaborar no equacionamento das diversas questões ambientais presentes hoje.

O método da Análise do Risco Ecológico fundamenta-se na teoria alemã do Planejamento Ecológico. Apresenta, como princípios básicos, a organização das funções e usos do espaço de acordo com o potencial natural existente e ordena o uso múltiplo do espaço de forma que não interfira ou que interfira o mínimo possível nas funções do sistema natural (produtividade, capacidade suporte, capacidade de informação e de autorregulação), ou seja, evitar sobrecargas nos ecossistemas ou nos recursos naturais que possam causar danos a usos do espaço, existentes ou futuros.

Esses princípios são operacionalizados por meio do preceito básico: uso/causa; efeito ecológico desencadeado; usos atingidos. Daí resultam dois sistemas complexos de relações de causa/efeito. No Complexo 1, usos como causa de impactos ambientais relevantes; tendo como efeito modificações qualitativas e quantitativas nos fatores naturais. Já no Complexo 2, os fatores naturais qualitativa e quantitativamente modificados, como causa; tendo as possibilidades e/ou qualidade de uso modificadas como efeito.

A Análise do Risco concentra-se no Complexo 1, oferecendo um instrumento metodológico para a quantificação (especialmente diferenciada) de danos causados pela atividade antrópica aos fatores naturais. Isso significa que a avaliação das inter-relações dos usos com os recursos naturais, objetivada pela Análise, é feita a partir das relações de troca (matéria e energia) entre dois sistemas: o sistema das atividades antrópicas, como causador de efeitos negativos, e o sistema dos fatores naturais, como receptor desses efeitos. Havendo necessidade, é perfeitamente possível incorporar análises relativas ao Complexo 2 (p. ex.: avaliação de aptidão de uso) à estrutura da Análise do Risco.

A operacionalização das relações entre usos e recursos naturais implica na realização de AIA com base em informações deficientes. Assim, a disponibilidade de dados é o fator determinante na operacionalização da Análise do Risco Ecológico. Como esta faz uso de um modelo de indica-

dores, procurou-se, antes de tudo, minimizar os problemas típicos de tais modelos, que são basicamente os aspectos de conteúdo e de quantificação. Quanto ao conteúdo, é preciso que a escolha dos indicadores baseie-se no conhecimento científico disponível (Física, Química, Biologia, etc.) para que realmente venham a ser considerados os elementos mais importantes dos sistemas ecológicos a analisar.

Por exemplo, é preciso conhecer como cada um dos fatores naturais se comporta em relação a cada um e ao conjunto dos poluentes gerados pelas atividades humanas existentes ou previstas para o espaço tomado como referência para o planejamento, já que a intensidade dos efeitos da poluição vai depender das características dos fatores naturais nesse mesmo espaço. Todavia, a complexidade do modelo não deve ser aumentada pela consideração de um número cada vez maior de indicadores, sob pena de ter os erros de medição potencializados. Além do mais, o modelo deve permanecer sempre transparente.

O aspecto da quantificação é considerado o ponto mais positivo da Análise do Risco, se comparada a outros métodos utilizados no planejamento ambiental (como a Análise do Valor de Uso). A agregação dos indicadores é feita por meio de funções de agregação da lógica matemática (álgebra booleana), para obter a intensidade dos danos potenciais e a sensibilidade dos fatores naturais a danos, os quais combinados resultarão no risco de danos ambientais. A lógica matemática utiliza-se apenas de combinações lógicas do tipo e/ou que são representadas na forma de diagramas do tipo “árvore”, o que garante transparência à aplicação do método, passo a passo.

Conforme Enger e Smith (2003), a análise de risco transformou-se em uma ferramenta importante da tomada de decisão em todos os níveis da sociedade. Na área ambiental, avaliação de risco e gerência de risco são importantes para determinar que estratégia ambiental é mais apropriada. A análise de risco envolve geralmente uma indicação da probabilidade.

A avaliação de risco ambiental é o uso dos fatos e das suposições para se estimar a probabilidade de dano à saúde humana ou ao ambiente, que pode resultar das exposições a poluentes específicos, a agentes tóxicos ou a decisões de gerência. O que a avaliação de risco fornece para os

responsáveis pelas decisões ambientais é uma maneira ordenada, clara e consistente de tratar questões científicas ao avaliar se um perigo existe e qual pode ser a sua magnitude (ENGER; SMITH, 2003). Segundo este mesmo autor, a gerência de risco refere-se a um processo de tomada de decisão que envolve avaliação de risco, praticidade tecnológica, impactos econômicos, interesses públicos e exigências legais.

Enger e Smith (2003) também afirmam que um serviço ou produto econômico pode ser definido como qualquer artigo que é escasso. A escassez existe sempre que a demanda por qualquer artigo excede sua oferta. Define, ainda, que a Análise de Custo-Benefício preocupa-se em determinar se uma política gera custos sociais mais elevados que seus benefícios e, no caso de os benefícios compensarem os custos, quanta despesa seria feita na otimização dos resultados. Entretanto, este mesmo autor apresenta preocupações sobre o uso deste tipo de análise e questiona se a tudo pode ser atribuído um valor econômico.

Para melhor avaliar os impactos ambientais de um perímetro irrigado, como o Projeto Jaíba, é imprescindível compreender as relações da irrigação com o ambiente onde esta prática é realizada.

IRRIGAÇÃO E O MEIO AMBIENTE

Definida como meio artificial e racional de fornecer água para as culturas, a irrigação apresenta estreita relação com o ambiente, em especial quando se trata de aspectos relacionados com o uso eficiente da água e a conservação dos recursos hídricos e dos solos. Deve-se observar, também, que o grande aumento da produtividade, obtido por meio da prática da irrigação, permite a utilização de uma área menor para a mesma produção de alimentos, possibilitando, assim, a preservação de reservas ambientais.

Por outro lado, alguns aspectos ambientais negativos, relacionados com a prática da irrigação, devem ser considerados como, por exemplo:

- a) o risco de salinização do solo;
- b) a contaminação dos recursos hídricos;
- c) o consumo da água;
- d) a relação com problemas de saúde pública.

Bernardo (1997) descreve os benefícios iniciais da irrigação, em grandes áreas, que se tornaram impróprias para a agricultura, em função de impactos ambientais adversos causados ao solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública, à fauna e flora e, em alguns casos, às condições socioeconômicas da população local.

Faria (2001) afirma que, mesmo reconhecendo os impactos causados ao meio ambiente pela técnica da irrigação, esta é de fundamental importância para aumentar o suprimento de alimentos e fibras para a população, cuja demanda é cada vez maior, e, para a produção de alimentos em grande escala, somente poderá ser viabilizada com um suprimento de água em quantidade e qualidade adequadas.

Dentre os impactos positivos e de grande interesse da irrigação para a agricultura brasileira, podem-se destacar:

- a) aumento da produtividade das culturas em até três vezes;
- b) aumento do valor da propriedade e do lucro da agricultura, uma vez que, segundo Bernardo (1997), o valor bruto da produção em área irrigada é, em média, cinco vezes maior que o da não irrigada;
- c) utilização da área durante todo o ano, com dois ou mais cultivos na mesma área;
- d) oferta de alimentos e outros produtos agrícolas com maior regularidade;
- e) melhor qualidade e padronização;
- f) produção de culturas nobres, elevando a renda do produtor;
- g) maior garantia de colheita;
- h) redução da sazonalidade da oferta de empregos por permitir cultivo durante todo o ano;
- i) maior eficiência no uso de fertilizantes, dentre outros.

No Gráfico 1, pode-se observar o efeito da irrigação em diversos tipos de cultivos (FAO, 2007).

Segundo Bernardo et al. (2006), para a região Semiárida, um hectare irrigado gera em torno de 0,8 a 1,2 emprego direto e 1,0 a 1,2 indireto, enquanto na agricultura de sequeiro, esses valores são da ordem de 0,22 emprego por hectare.

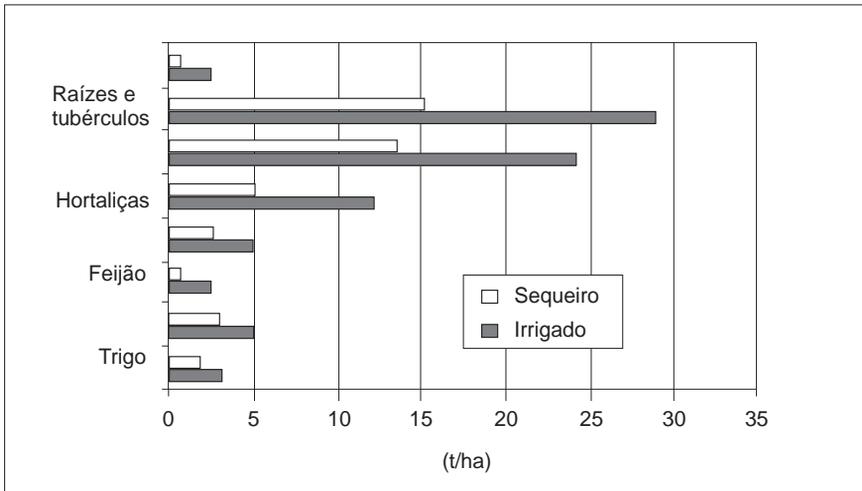


Gráfico 1 - Produtividade média para áreas irrigadas e de sequeiro, em cultivos de raízes e tubérculos, hortaliças, feijões e trigo, no Brasil

FONTE: FAO (2007).

Salinização dos solos

A salinização dos solos é um dos problemas de maior importância para a agricultura irrigada, uma vez que, segundo estimativas da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), no mundo, aproximadamente 50% dos 250 milhões de hectares irrigados já apresentam problemas de salinização e sodificação do solo e que 10 milhões de hectares são abandonados, anualmente, em virtude desses problemas (BERNARDO, 1997). As áreas, naturalmente salinas no Brasil, são quantificadas em cerca de 86 milhões de hectares, localizadas especialmente nas áreas mais secas, com precipitação abaixo dos 1 mil mm/ano. A área salinizada pela irrigação é estimada em 15 mil hectares, a maioria no Nordeste (FAO, 2007).

Daker (1979) cita que, mesmo nas regiões áridas, o problema de salinidade comumente não existe em condições naturais. Este problema aparece como consequência da irrigação, pelo volume de água aplicado e pelo teor de sais contidos nesta água, associado à falta ou deficiência de uma drenagem do solo. Lima (1997) resume que o efeito dos sais sobre o solo ocorre basicamente pela interação eletroquímica existente entre os sais e a argila sobre a planta. São eles: aumento da dificuldade de a planta absorver água salina, interferência dos sais nos processos fisiológicos e até mesmo toxidez similares àsquelas de adubações excessivas. A salinização e a sodificação tanto produzem efeito direto sobre o solo, quanto prejudicam a planta cultivada.

Faria (2001) explica que, com irrigações sucessivas e com ausência de lixiviação e drenagem, o sal acumulará na superfície do solo, por causa do fluxo ascendente de umidade, decorrente da evapotranspiração, criando os solos salinos. Portanto, deve-se, em função do teor de sal na água e do volume necessário à irrigação, calcular o volume a ser perdido na drenagem, mantendo os teores de sais do solo constantes e, conseqüentemente, não prejudicando o crescimento das plantas. Por outro lado, a falta de drenagem, acompanhada pela percolação do excesso de água de irrigação, provoca elevação do nível do lençol freático, promovendo também a salinização do solo não só pela adição de sal da água de irrigação, mas também pelo deslocamento ascensional do próprio sal do perfil do solo.

Portanto, em áreas irrigadas, o requerimento básico para o controle da salinidade é a existência de lixiviação e drenagem natural ou artificial, garantindo que o fluxo de água e sal abaixo da zona radicular das culturas não eleve o lençol freático acima de certos limites. Entretanto, no local onde o dreno descarregar, haverá sempre aumento na concentração de sais. Como medida preventiva, é imprescindível a avaliação da qualidade da água e um bom manejo da irrigação, evitando processos de salinização gradativos pelo acúmulo de sais. Segundo Holanda e Amorim (1997), as águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxidade de íons.

Há pouca informação disponível sobre as áreas com drenagem, salinidade e áreas com solo saturado (encharcado) no Brasil. A área provida

de sistemas de drenagem é de cerca de 1,28 milhão de hectares, a maior parte em áreas irrigadas. Dentro da estrutura do Programa Pró-várzeas, na década de 80, foram drenados, aproximadamente, 400 mil hectares. O custo médio da drenagem, em 1996, foi entre US\$ 800 e US\$ 1.600 por hectare, para drenos abertos, e de US\$ 2.300 a 2.700 por hectare de drenagem subsuperficial (FAO, 2007).

Segundo Bernardo et al. (2006), a capacidade de infiltração de um solo decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e/ou com o decréscimo de sua salinidade. Assim, os dois parâmetros, RAS e salinidade, devem ser analisados conjuntamente, a RAS pode ser calculada pela Equação 1:

Equação 1

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

em que:

Concentrações de Na^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , em miliequivalente por litro.

Os técnicos do United States Salinity and Laboratory Staff propuseram uma classificação, na qual a condutividade elétrica (CE) é a indicadora do perigo de salinização do solo, e a RAS é a indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo (USDA, 1954 apud BERNARDO et al., 2006).

Perigo de salinização

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua condutividade elétrica (CE), ou seja, de acordo com a sua concentração total de sais solúveis.

- a) C1 - água com salinidade baixa (CE entre 0 e 0,25 dS/m, a 25°C): pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e solos, com

- pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária, mas isso ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa;
- b) C2 - água com salinidade média (CE entre 0,25 e 0,75 dS/m, a 25°C): pode ser utilizada sempre que houver grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade;
- c) C3 - água com salinidade alta (CE entre 0,75 e 2,25 dS/m, a 25°C): não pode ser empregada em solos com deficiência de drenagem. Mesmo naqueles com drenagem adequada, às vezes são necessárias práticas especiais para o controle da salinidade. Pode ser usada somente em plantas com boa tolerância aos sais;
- d) C4 - água com salinidade muito alta (CE entre 2,25 e 5,00 dS/m, a 25°C): não é apropriada para irrigações sob condições normais, mas pode ser usada, ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito permeáveis e com drenagem adequada, devendo ser aplicado excesso da água nas irrigações para ter boa lixiviação. A água somente deve ser usada em culturas tolerantes a sais.

Perigo de alcalinização ou sodificação

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua RAS, ou seja, em virtude do efeito do sódio trocável, nas condições físicas do solo.

- a) S1 - água com baixa concentração de sódio ($RAS \leq 32,19 - 4,44 \log CE$): pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solo, com pequena possibilidade de alcançar níveis indesejáveis de sódio trocável;
- b) S2 - água com concentração média de sódio ($32,19 - 4,44 \log CE < RAS \leq 51,29 - 6,66 \log CE$): só pode ser utilizada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos com boa permeabilidade. Apresenta perigo de sodificação considerável em solos de textura

- fina, com grande capacidade de troca catiônica, especialmente sob baixa condição de lixiviação, a menos que haja gesso no solo;
- c) S3 - água com alta concentração de sódio ($51,29 - 6,66 \log CE < RAS \leq 70,36 - 8,87 \log CE$): pode produzir níveis maléficos de sódio trocável na maioria dos solos e requer práticas especiais de manejo, boa drenagem, alta lixiviação e adição de matéria orgânica. Em solos com muito gesso, a água pode não desenvolver níveis maléficos de sódio trocável, além de requerer o uso de corretivos químicos para substituir o sódio trocável, exceto no caso de apresentar salinidade muito alta, quando esse uso não seria viável;
- d) S4 - água com concentração de sódio muito alta ($RAS > 70,36 - 8,87 \log CE$): geralmente imprópria para irrigação, exceto quando sua salinidade for baixa ou, em alguns casos, média e a concentração de cálcio no solo ou o uso de gesso e outros corretivos tornarem o uso desta água viável.

Ayers e Westcot (1985) apresentam classificação que se baseia em quatro áreas-problema, isto é, salinidade, infiltração, toxicidade e diversos. Algumas diretrizes, da referida classificação podem ser observadas no Quadro 1.

Visando melhor previsão dos problemas de infiltração causados por concentrações relativamente altas de sódio ou baixas de cálcio, nas águas de irrigação, Ayers e Westcot (1985) sugeriram também a utilização da RAS corrigida (RAS^o), que pode ser calculada pela Equação 2:

Equação 2

$$RAS^o = Na / [(Ca^o + Mg)/2]^{1/2}$$

em que:

Ca^o = teor corrigido de cálcio na água de irrigação, meq/L (AYERS; WESTCOT, 1985).

QUADRO 1 - Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação¹

Problemas e constituintes	Unidade	Grau de restrição ao uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade do solo				
Condutividade elétrica da água de irrigação (Ce _i)	dS/m	<0,7	0,7 a 3,0	>3,0
Total de sólidos solúveis (TST)	mg/L	<450	450 a 200	>2000
Capacidade de infiltração do solo				
RAS = 0 a 3 e Ce _i	dS/m	>0,7	0,7 a 0,2	<0,2
RAS = 3 a 6 e Ce _i	dS/m	>1,2	1,2 a 0,3	<0,3
RAS = 6 a 12 e Ce _i	dS/m	>1,9	1,9 a 0,5	<0,5
RAS = 12 a 20 e Ce _i	dS/m	>2,9	2,9 a 1,3	<1,3
RAS = 20 a 40 e Ce _i	dS/m	>5,0	5,0 a 2,9	<2,9
Toxicidade				
Sódio (Na)	RAS	<3,0	3,0 a 9,0	>9,0
Cloro (Cl)				
Irrigação por superfície	m.e./L	<4,0	4,0 a 10,0	>10,0
Irrigação por aspersão	m.e./L	<3,0	>3,0	
Boro (B)	m.e./L	<0,7	0,7 a 3,0	>3,0
Diversos				
Nitrogênio (NO ₃ – N)	mg/L	<5,0	5,0 a 3,0	3,0

FONTE: Ayers e Westcot (1985 apud BERNADO et al., 2006).

NOTA: pH – Amplitude normal de 6,5 a 8,4; RAS – Razão de adsorção de sódio; milímetros/centímetro (mmhos/cm) = deciSiemen/metro (dS/M); miligrama/litro (mg/L) ≈ partes por milhão (ppm); miliequivalente/litro (m.e./L) = mg/L + peso equivalente.

(1)Com base em uma porcentagem de lixiviação entre 15% e 20%.

Ressalta-se que, segundo Botelho e Campos (2001), a água quimicamente pura não existe na superfície da terra. A expressão água pura é utilizada como sinônimo de água potável para exprimir que uma fonte tem qualidade satisfatória para uso doméstico. Na ótica da Engenharia Ambiental, o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a sua simples caracterização pela fórmula molecular H₂O. Isto porque, por suas

propriedades de solvente e por sua capacidade de transportar partículas, a água incorpora diversas impurezas, que definem sua qualidade.

Contaminação dos recursos hídricos

Bernardo (1997) chama a atenção para a questão de contaminação de recursos hídricos pela irrigação. Segundo esse autor, o excesso de água aplicada em uma área irrigada, que não é evapotranspirada pelas culturas, retorna aos rios e córregos pelo escoamento superficial e subsuperficial ou vai para os depósitos subterrâneos, por percolação profunda, arrastando sais solúveis, fertilizantes, resíduos de defensivos, elementos tóxicos, etc. Destaca ainda que, quanto maiores as perdas por percolação e por escoamento superficial na irrigação, maiores serão as chances de contaminação dos mananciais e da água subterrânea. Assim, torna-se cada vez mais importante dimensionar e manejar os sistemas de irrigação com maior eficiência, bem como evitar o uso de herbicidas e defensivos na irrigação por inundação, usando-os cautelosamente em outros métodos de irrigação.

Exemplificando a movimentação de defensivos no solo, agravada por manejo inadequado da irrigação, Boeira e Souza (2005) desenvolveram trabalhos em colunas de solo, em que evidenciaram diferentes riscos no potencial de lixiviação do agrotóxico tebutiurom entre os solos estudados, bem como diferentes capacidades sortivas dos solos e profundidades avaliadas. Conjugada a esta avaliação do risco potencial imediato da lixiviação de pesticidas no solo, as colunas de solos possibilitam também estudos de sua lixiviação ao longo do tempo, bem como avaliações de sua biodegradação e/ou volatilização. No trabalho citado, verificou-se que em um Neossolo Quartizarênico houve transporte do herbicida tebutiurom até 0,60 m de profundidade; em Latossolo Vermelho distrófico, até 0,20 m, e em Latossolo Vermelho distroférrico, até 0,10 m de profundidade. A massa de tebutiurom, coletada nas diversas profundidades, nesses três solos, pode ser observada no Quadro 2. A lixiviação profunda de tebutiurom (1,50 m) foi também observada em solos arenosos por Stone et al. (1993), 66 dias após a aplicação.

QUADRO 2 - Massa de tebutirom determinada em solução de solo coletada de colunas de lixiviação, em oito profundidades, utilizando-se três solos

Profundidade (m)	Solo		
	RQ	LVdf	LVd
	µg		
0,10	153,42	2,40	83,16
0,20	590,00	ND	24,00
0,30	169,80	ND	ND
0,40	126,00	ND	ND
0,50	NC	ND	ND
0,60	17,10	ND	ND
0,70	ND	ND	ND
0,80	ND	ND	ND
Total	1.056,32	2,40	107,16

FONTE: Boeira e Souza (2005).

NOTA: LVdf - Latossolo Vermelho distroférrico; LVd - Latossolo Vermelho distrófico; RQ - Neossolo Quartzarênico; ND - Não detectado; NC - Não coletado.

Consumo de água

Também se deve atentar para a grande influência do consumo da água da irrigação na demanda total por água, uma vez que esta se torna cada vez mais escassa. Apenas 2,5% do total das águas da terra são consideradas potáveis, sendo que a maior parte encontra-se indisponível por estocagem na forma de gelo ou neve no topo de montanhas ou nas calotas polares. Portanto, o volume de água doce contido nos lagos é estimado em 91 mil km³ (0,007% de toda água existente) e o volume dos rios é de cerca de 3.120 km³. Além disso, segundo Corson (2002), a distribuição da água é desigual no mundo, sendo abundante em alguns continentes e escassa em outros.

Cerca de 10% do uso da água no mundo é para abastecimento público, 67% na agricultura e 23% na indústria. Estima-se que cerca de 60% do consumo da escassa água doce do mundo é referente à irrigação. No Brasil, conforme se pode observar no Gráfico 2 (FAO, 2007), a porcentagem da água utilizada pela agricultura é de 61%.

Além disso, a área ocupada pela agricultura irrigada no Brasil tende a um crescimento, como se pode verificar no Gráfico 3.

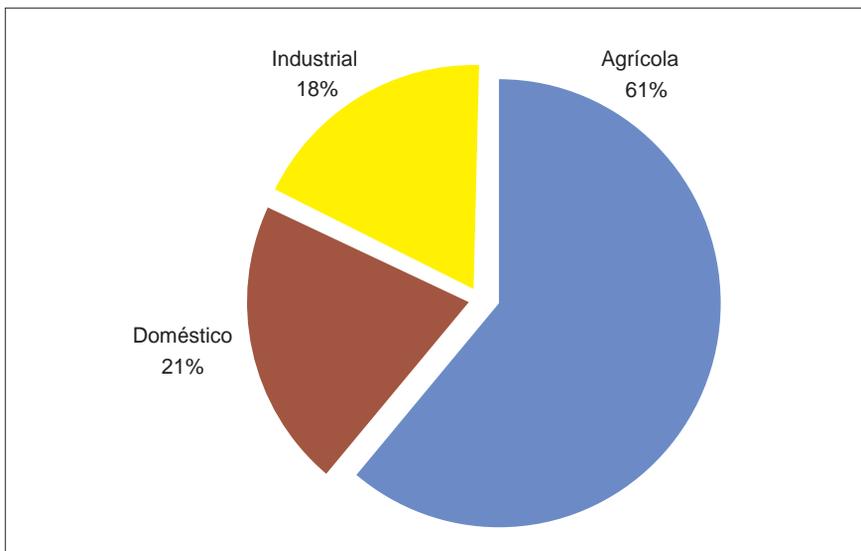


Gráfico 2 - Porcentagem de uso da água, no Brasil, pelos setores agrícola, doméstico e industrial

FONTE: FAO (2007).

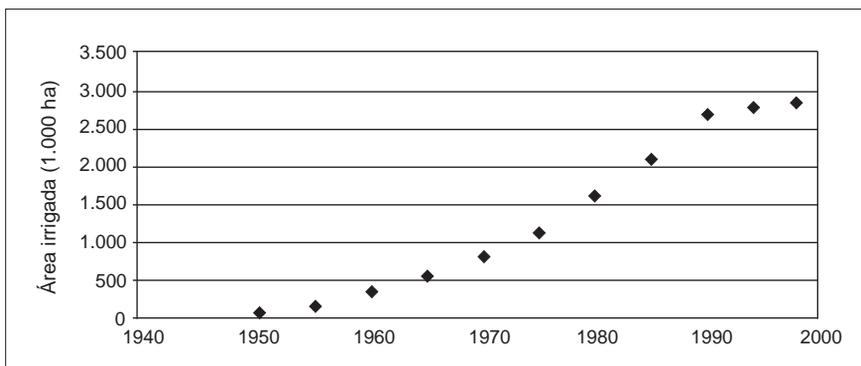


Gráfico 3 - Evolução da área irrigada no Brasil

FONTE: FAO (2007).

Um fator de grande importância a considerar, quando se observa o impacto dos sistemas de irrigação, é a sua eficiência, que pode proporcionar maior ou menor gasto de água e energia, para que se realize uma irrigação com área adequadamente irrigada equivalente. Segundo Mantovani (2003), a lâmina líquida é aquela necessária para repor no solo as perdas de água de certo período, coincidindo com o valor da evapotranspiração da cultura. A lâmina bruta pode ser definida como a quantidade de água a ser aplicada para suprir a lâmina líquida e as perdas durante a aplicação (evaporação, arraste pelo vento e outros) e compensar a falta de uniformidade durante a irrigação. A lâmina bruta é obtida dividindo a lâmina líquida pela eficiência de irrigação.

Essa eficiência varia muito em função do sistema utilizado e das condições da área como clima, relevo etc. Para efeito de dimensionamento e manejo da irrigação, a eficiência é calculada em função da perda por evaporação e arraste, perda por vazamentos e uniformidade da irrigação.

No Gráfico 4, é mostrada a área irrigada pelos métodos de irrigação localizada, aspersão e por superfície nas principais regiões brasileiras. Observa-se nesta figura que a maior parte da área é irrigada pelo método de superfície, que apresenta uma menor eficiência potencial de aplicação de água.

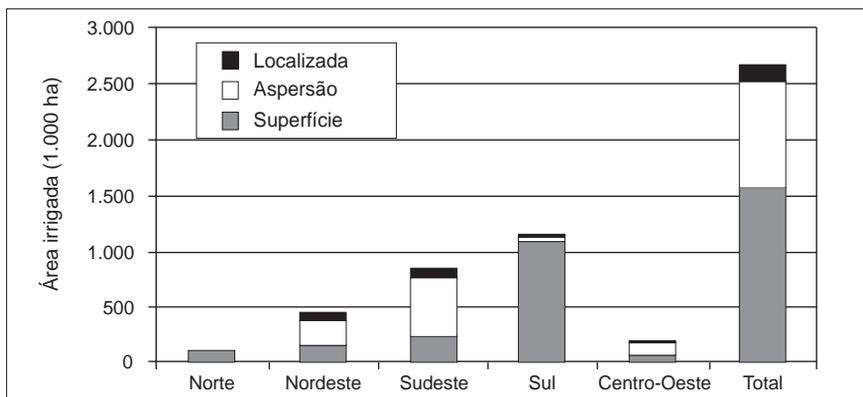


Gráfico 4 - Área irrigada em 1996, pelos métodos de irrigação localizada, por aspersão e por superfície, para as principais regiões do Brasil

FONTE: FAO (2007).

Conforme Faria (2001), um pivô central de 100 ha, que aplica uma lâmina bruta de água de 7 mm/dia, demanda 7 milhões de litros de água por dia, o que é, aproximadamente, a demanda de uma cidade de 47 mil habitantes. Como 1 mm de água a mais, aplicada em 100 ha, representa o consumo de, aproximadamente, 7 mil pessoas por dia, deve-se ter a preocupação em realizar irrigações criteriosas e com alta eficiência.

Saúde pública

Outro aspecto a considerar, é a questão da saúde pública, uma vez que, segundo Faria (2001), a irrigação das folhas de vegetais ingeridos crus é provavelmente a forma mais comum de disseminação de doenças pelo uso desta técnica. Também se deve observar que sistemas que mantêm a água parada sobre a superfície, como a irrigação por inundação permanente, favorecem a proliferação de mosquitos transmissores de doenças e outros organismos prejudiciais à saúde. Portanto, ao planejar e executar um projeto de irrigação, é necessário considerar os aspectos concernentes às doenças relacionadas com a água de irrigação.

Diante do exposto, conclui-se que existem muitos aspectos da irrigação relacionados com o ambiente e que podem ser observados em perímetros irrigados. Acredita-se, portanto, que a maioria desses aspectos podem ser observados no Projeto Jaíba.

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS

Segundo Ferreira (1993), em um projeto de irrigação, devem-se definir alternativas que permitam uma maior eficiência na consecução dos objetivos propostos. A escolha dessas alternativas requer a utilização de conceitos econômicos como forma de subsidiar o investidor na tomada de decisão. Neste contexto, a avaliação ou análise econômica de projetos insere-se como um valioso instrumental para verificar se o projeto proporciona uma contribuição suficiente para o alcance dos objetivos e efeitos previstos (CASLEY; LURY, 1982), os quais justifiquem o uso dos recursos escassos necessários. Neste enfoque, deve-se atentar para o uso eficiente dos recursos naturais, tão escassos quanto os recursos econômicos.

O custo de um recurso é real, quando impossibilita seu uso em outra atividade, sendo o valor social de sua utilização chamado custo social de oportunidade (LANNA; ROCHA, 1988; POMERANZ, 1988).

Um projeto pode ser analisado sob o ponto de vista público nacional, ou seja, sob o ponto de vista da sociedade, para a qual são determinadas suas contribuições, observando as do desenvolvimento econômico nacional. Sob o ponto de vista público regional, a análise também pode ser feita a partir de um grupo social ou privado (LANNA; ROCHA, 1988).

Na avaliação social, os preços de mercado são substituídos pelos preços sociais, que refletem os custos de oportunidade para a economia, e o que se busca com a análise é, essencialmente, a eficiência na alocação dos recursos sociais (CONTADOR, 1988; POMERANZ, 1988).

Ressalva-se que a decisão de alocação dos recursos escassos, em projetos de irrigação, com base unicamente na importância dos objetivos propostos, no tocante a geração de empregos, produção de alimentos e outros, sem considerar os custos e efeitos indiretos dos meios utilizados para consegui-los, pode causar sérios problemas, em face das despesas adicionais, possivelmente necessárias, oriundas do impacto de sua implantação (DELGADO, 1988).

Devem-se considerar, também, efeitos incomensuráveis e intangíveis. Segundo Ferreira (1993), os efeitos incomensuráveis referem-se àqueles que não podem ser mensurados, ou seja, não podem ser transformados em uma moeda comum, entretanto, podem ser transformados em unidades físicas, como, por exemplo, a preservação de espécies em extinção, implantação de instituições sociais, etc. Os efeitos intangíveis referem-se aos de natureza material ou econômica e não-econômica, por exemplo, a preservação de vidas humanas, segurança nacional, entre outros.

Bergmann e Boussard (1976), embora não apresentem uma distinção entre os dois efeitos, relacionam como efeitos intangíveis o treinamento de mão-de-obra, a melhor distribuição de renda, os subprodutos do projeto que necessitam de despesas especiais, a poluição, as doenças causadas pelo projeto, a proibição ou a liberação da pesca e outros. Além destes, os mesmos autores incluem, também, os efeitos causados pela migração de forças de trabalho para suprir a demanda de mão-de-obra para o projeto

e, ainda, o estabelecimento de instituições que não são ligadas à irrigação, atraídas pelo desenvolvimento da Região. Esses efeitos intangíveis, de grande complexidade para serem avaliados, são considerados importantes para efeito de subsidiar uma decisão sobre a viabilização de projetos ao se comparar com outros projetos praticamente iguais em outros aspectos.

AValiação DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

Segundo Bernardo (1996), é de capital importância determinar a uniformidade de distribuição d'água em qualquer método de irrigação. Mantovani (2003) salientou que a irrigação localizada apresenta características de distribuição de água que favorecem a eficiência da irrigação, pois a água é aplicada, em pequenas doses e em alta frequência, diretamente no pé da planta. A principal preocupação para atingir a uniformidade esperada é a variabilidade na vazão dos gotejadores ou microaspersores em razão dos entupimentos, da variação de pressão na linha e das características de fabricação.

Segundo Keller e Bliesner (1990), a avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é etapa fundamental antes de qualquer estratégia de manejo de irrigação, pois é com base nos seus resultados que será possível adequar o equipamento e a sua utilização em relação aos requerimentos de água das plantas cultivadas, considerando-se a eficiência e a uniformidade de aplicação de água do sistema escolhido. Bernardo (1996) e Mantovani (2003) salientaram que, na irrigação localizada, é recomendável, após a instalação do sistema e a cada dois anos de funcionamento, determinar a uniformidade de irrigação. Para isso, tem-se que medir a vazão dos emissores ao longo das linhas laterais e a pressão de funcionamento no início das linhas de derivação ou no cabeçal de controle.

A avaliação do sistema de irrigação permite, além da determinação da uniformidade de distribuição de água do sistema, diagnosticar possíveis problemas, como entupimento de emissores, necessidade de regulagem de válvulas ou, até mesmo, necessidade de redimensionamento do sistema de irrigação.

Conhecendo as vazões dos emissores, pode-se calcular a uniformidade de distribuição do sistema por meio de várias equações. Bernardo (1996) e Mantovani (2003) afirmaram que o uso da equação de Christiansen permite a obtenção de resultados bastante confiáveis, porém requer a medição da vazão de todos os emissores do sistema, o que demanda muito tempo e muita mão-de-obra. A equação de Christiansen é representada pela Equação 3:

Equação 3

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

Q_i = vazão de cada emissor (L/h);

Q_m = vazão média dos emissores (L/h);

n = número de emissores.

Para simplificar o trabalho e o tempo necessário, recomenda-se determinar o CUC por linha lateral, escolhendo, ao acaso, quatro linhas laterais em cada unidade operacional. E a estimativa do CUC do sistema será a média dos CUCs das linhas. Nesse caso, torna-se menos laboriosa a determinação, e com resultados confiáveis.

Merriam e Keller (1978) apresentaram o seguinte critério geral para interpretação dos valores de coeficiente de uniformidade para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80% e 90%, bom; entre 70% e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

Keller e Karmeli (1975) recomendaram a obtenção das vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral, medida em emissores situados no início, a 1/3, a 2/3 e no final da linha lateral. Nesse caso, as linhas laterais selecionadas devem estar situadas no início, a 1/3, a 2/3 e no final

da linha de derivação. A uniformidade, nesse caso, pode ser determinada pela Equação 4:

Equação 4

$$\text{CUD} = \frac{q_{1/4}}{q_m} \times 100$$

em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$q_{1/4}$ = média de $1/4$ das vazões, com menores valores (L/h).

Em irrigação por microaspersão em bananeiras é utilizado mais de um emissor por planta, na maioria das vezes quatro, ocorrendo, inclusive, sobreposição de lâminas. Assim, torna-se importante não só a determinação da uniformidade de emissão de água por meio da medição da vazão dos microaspersores, mas também a determinação da uniformidade de distribuição de água em torno de cada planta, por meio de uma malha de coletores. Almeida (1997) propôs uma metodologia de avaliação denominada coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado, conforme a Equação 5:

Equação 5

$$\text{CUCaj} = 100 \left(1 - \frac{\sum_i^n |Y_i - Y|}{nY} \right)$$

em que:

CUCaj = coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado (%);

Y_i = precipitação média em torno de cada planta (mm);

Y = média de precipitações em todos os coletores (mm);

n = número de plantas.

A partir da determinação da uniformidade de distribuição do sistema de irrigação e da escolha de uma porcentagem de área adequadamente irrigada (Pad), normalmente 90% para culturas de alto valor econômico, como fruteiras, é possível determinar a eficiência de distribuição pela Equação 6, apresentada por Keller e Bliesner (1990):

Equação 6

$$EDad = 100 + (606 - 24,9Pad + 0,349Pad^2 - 0,00186Pad^3)(1-CUC - 100-1)$$

em que:

EDad = eficiência de distribuição para uma porcentagem de área adequadamente irrigada, decimal;

Pad = porcentagem de área adequadamente irrigada desejada (%);

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen.

Já a perda de água por vazamento, em sistemas de irrigação, depende das condições de manutenção do projeto. Em condições de boa manutenção, elas são menores que 1%. Entretanto, em sistemas com manutenção inadequada esse valor pode chegar a 10%, ou seja, a eficiência de condução (Ec) da água será de somente 90%. Essas perdas ocorrem, principalmente, nos acoplamentos da tubulação (SOARES, 1998; MANTOVANI, 2003).

Em sistemas de irrigação localizada, como a microaspersão e o gotejamento, a perda por evaporação e por arraste é desprezada. Nessa situação são consideradas, para cálculo da eficiência, apenas as perdas por vazamento e a uniformidade. Nesse caso, pode ser determinada a eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada, seguindo-se a Equação 7:

Equação 7

$$Eipad = EDad \times Ec$$

em que:

Eipad = eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada, decimal;

EDad = eficiência de distribuição para uma porcentagem de área adequadamente irrigada, decimal;

Ec = eficiência de condução, decimal.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO DO JAÍBA

O Projeto Jaíba localiza-se na margem direita do Rio São Francisco, abrangendo os municípios de Jaíba e Matias Cardoso, no estado de Minas Gerais, entre os Rios São Francisco e Verde Grande, com coordenadas geográficas entre 15° 00' e 15° 20' de latitude sul, 43° 40' e 44° 05' de longitude oeste e 449 m de altitude.

A implantação deste Projeto teve início na década de 60, com as primeiras iniciativas governamentais de ocupação planejada das áreas. Foi planejado para ser o maior projeto de irrigação da América Latina, propondo-se irrigar uma área de cerca de 100 mil hectares. Atualmente, a área implantada na Etapa 1 é de 24.669,68 ha, distribuídos em diversas glebas. A Etapa 2 compreende 16.276,40 ha referentes à área já licitada, em processo de ocupação, e 3 mil hectares ocupados e ainda não irrigados, pertencentes ao Grupo SADA, com outorga de água. Já as Etapas 3 e 4 correspondem, respectivamente, a 12.200 ha e 9.734 ha irrigáveis, e ainda não receberam a infraestrutura específica de irrigação (DIJ, 2008). Estima-se, portanto, que a área implantada encontra-se em torno de 30 mil hectares. Podem-se observar as diversas glebas e etapas do Projeto na Figura 1.

Segundo o DIJ (2008), o Projeto Jaíba é um perímetro de irrigação fruto de uma parceria entre o governo federal e o governo do estado de Minas Gerais. Os dois níveis de governo são ali representados respectivamente pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e Fundação Rural Mineira (Ruralminas). Outros órgãos das diversas esferas têm participado também como parceiros do Projeto.

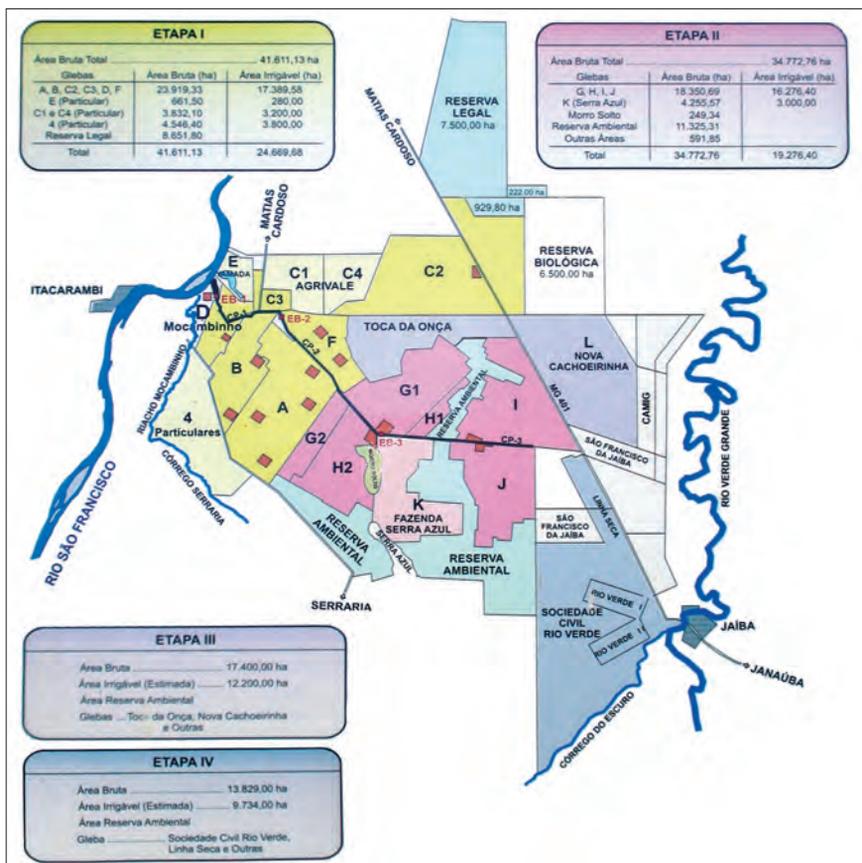


Figura 1 - Distribuição das glebas do Projeto de Irrigação do Jaíba
 FONTE: DIJ (2008).

As ações de planejamento do Perímetro Irrigado de Jaíba iniciaram-se em 1965, quando o Bureau of Reclamation, dos Estados Unidos, por meio de estudos realizados, identificou uma extensa área na região denominada Mata do Jaíba, com grande potencialidade para agricultura irrigada.

Em 1972, por meio da Ruralminas, elaborou-se o primeiro plano de trabalho para o Jaíba que recomendava, entre outras ações, a implantação do Projeto de Irrigação de Mocambinho. O Projeto de Irrigação do Jaíba, que até 1974 resumia-se na implantação da área de Mocambinho, a partir

de 1975, passou a ter a cooperação técnica e financeira do governo federal, em que a Codevasf, como órgão executor, integrou-se ao governo estadual, por meio da Ruralminas, numa ação conjunta para implantação do projeto de irrigação, com meta prevista de 100 mil hectares irrigados.

O final da década de 80 é marcado pelo início de operação do Projeto, com o assentamento das primeiras famílias de irrigantes. A partir da década de 90, são agregados mais recursos financeiros internacionais ao Projeto, com a contratação, pelo estado de Minas Gerais, de um novo financiamento ao Japan Bank for International Cooperation (JBIC).

O final da década de 80 e o início da década de 90 são também marcados pela incorporação da iniciativa privada ao Projeto, e começo da sua operação efetiva, em 1988. Nessa época foi instituído o Distrito de Irrigação de Jaíba (DIJ), entidade privada, sem fins lucrativos, gerida pelos irrigantes e que tem por finalidade a administração, operação, manutenção e conservação de toda infraestrutura construída, uso comum do Projeto, bem como dos municípios de Jaíba e Matias Cardoso, que se tornaram responsáveis em atender às demandas da área social. A integração torna o Projeto Jaíba um empreendimento no qual atuam, de maneira sincronizada e complementar, os três poderes da esfera pública, com ativa participação da iniciativa privada.

Em sua concepção original, o Projeto foi dividido em quatro etapas de implantação, sendo que a infraestrutura de uso comum da Etapa 1 já se acha totalmente concluída, enquanto a Etapa 2, sob responsabilidade do governo estadual de Minas Gerais, acha-se em fase de implantação. As Etapas 3 e 4 estão em fase de estudo e planejamento, respectivamente. No Quadro 3 podem ser observadas informações sobre cada etapa do Projeto.

Pode-se observar no Quadro 3, que a área total irrigável do Projeto Jaíba (65.880,08 ha) corresponde a 61,2% da área bruta das quatro etapas (107.612,89 ha).

Dentre a infraestrutura de uso comum na Etapa 1, destacam-se 248,03 km de canais, 521 km de estradas de serviço, 3 km de rede de drenagem, 11 estações de bombeamento. O sistema energético é composto por dez subestações da Codevasf, com capacidade total de 52.900 kVA, mais

QUADRO 3 - Áreas das etapas do Projeto Jaíba

Etapa	Área bruta (ha)	Área irrigável (ha)	Reserva ambiental
1	41.611,13	24.669,68	8.651,80 ha (Reserva Legal)
2	34.772,76	19.276,40	11.325,31 ha
3	17.400,00	12.200,00	Glebas Toca da Onça, Nova Cachoeirinha e outras
4	13.829,00	9.734,00	Glebas Sociedade Civil RioVerde, Linha Seca e Outras
Total	107.612,89	65.880,08	-

FONTE: DIJ (2008).

três da Cemig, com 37.500 kVA de capacidade total. Somente a estação de bombeamento principal (EB₁) tem vazão de projeto de 75 m³/s, sendo 65 m³/s instalados, a altura manométrica é de 19 m e sua potência total instalada é de 22.500 HP.

A Etapa 1 é ocupada por 1.462 produtores familiares (sendo 64 no assentamento da Gleba A), 130 pequenos e médios empresários e um empresário de área particular na Fazenda Yamada (Brasnica), totalizando 1.593 produtores.

Em 2006, as áreas de cultivo totalizavam 5.346,88 ha, prevalecendo a cultura da banana (1.294,25 ha), de forrageiras (741,58 ha), de manga (705,40 ha), limão (674,85 ha) e olerícolas (539,39 ha), sendo bem distribuída a ocupação com outras culturas. Em 2005, a produção total foi de 59.210,07 t no valor de R\$ 30.144.670,00. A evolução da área plantada com as culturas da banana, manga e limão, no Projeto Jaíba, entre os anos de 2003 a 2006, pode ser observada no Gráfico 5.

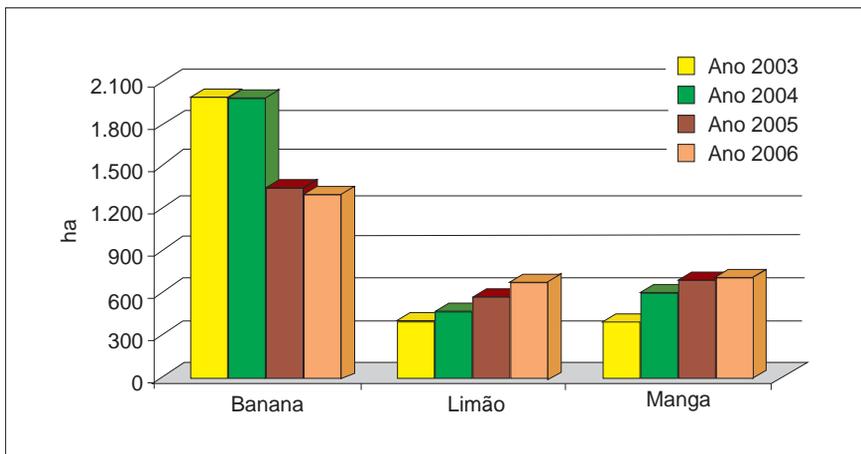


Gráfico 5 - Evolução da área plantada com banana, limão e manga no Projeto Jaíba

FORNTE: DIJ (2008).

Abrangência do Projeto Jaíba

O Projeto Jaíba estende seus impactos para além das suas fronteiras físicas, destacando-se a conservação das “matas secas” em suas áreas de reserva, além da grande geração de emprego e renda nos municípios vizinhos, também atraindo empreendimentos correlatos à produção agrícola como as agroindústrias e usinas de processamento de açúcar e álcool. A alta produção de frutas permite seu consumo por grande parte da população do País, em consequência da diminuição dos preços e dos ganhos da produção em maior escala.

A irrigação como uma atividade econômica deve ser considerada não só pelos seus efeitos diretos, em termos de produção de alimentos e de matérias-primas para a indústria, mas também sob o ponto de vista dos seus efeitos indiretos, quanto à geração de empregos no setor industrial e de serviços, arrecadação de investimentos públicos e privados regionais (CALEGAR, 1988).

Do ponto de vista social, pode-se destacar a consolidação de 1.593 produtores, sendo 1.462 familiares, que proporcionam grande geração de

empregos. Considerando-se dois empregos gerados por hectare, uma vez que as atividades de produção de frutas e hortaliças, que demandam grande quantidade de mão-de-obra, são as mais comuns na região, e uma área total implantada de 5.346,88 ha, totalizam-se 10.694 empregos diretos. Pode-se estimar a mesma quantidade de empregos indiretos (10.694), somando-se entre diretos e indiretos 21.388 empregos, aproximadamente. Também se deve observar o potencial de geração de empregos, cerca de vinte vezes maior, considerando a área total irrigável do Projeto Jaíba, de 65.880,08 ha. Com isso, cria-se uma expectativa na geração futura de até 263.520 empregos diretos e indiretos, após a implantação das quatro etapas.

Ainda, deve ser observada a contribuição desse Projeto à fruticultura do estado de Minas Gerais, que importa grande parte das frutas que consome. Deve-se observar também que, como boa parte das novas áreas a serem implantadas deverá ser destinada ao plantio de cana-de-açúcar e de oleaginosas para produção de álcool e biodiesel, o Jaíba possibilitará que o Brasil torne-se líder na produção dos biocombustíveis, opção energética com menor impacto ambiental, quando comparada ao uso de combustíveis fósseis.

Outras atividades que também apresentam crescimento dentro do Projeto são a pecuária, a piscicultura e a cafeicultura, representando a importância da diversificação para a sustentabilidade do Jaíba.

ASPECTOS DO PROJETO JAÍBA RELACIONADOS COM O MEIO AMBIENTE

Conforme descrito anteriormente, para os métodos de avaliação de impactos ambientais adotados atualmente, é de grande importância a obtenção de dados referentes aos indicadores de desempenho ambiental de maior importância para o ecossistema. Dessa forma, serão descritos alguns aspectos identificados, relacionados com o ecossistema agrícola irrigado, compreendido pelo Projeto de Irrigação do Jaíba. Posteriormente, serão citados aspectos de importância, não descritos pelas fontes consultadas, sugerindo, assim, a realização de novos trabalhos nessa região.

Dentre os aspectos identificados no perímetro irrigado do Projeto Jaíba, destacam-se o grande consumo de água pela irrigação e a diminuição da qualidade da água pela sua utilização na produção de peixes ou pela poluição com agroquímicos. Também observa-se maior exposição do solo durante o período de plantio das culturas anuais.

Ressalta-se, ainda, o desmatamento ocorrido durante a implantação dos lotes, compensado com a grande área de reserva que, por ser averbada em área contínua, possibilita maior preservação das espécies, evitando os efeitos adversos da fragmentação da reserva. Berg (2001) explica que a fragmentação diminui as possibilidades de intercâmbio genético entre as espécies florestais, podendo levar à extinção local de espécies raras, que ocorrem em densidades muito baixas (por exemplo, uma por hectare ou uma a cada 4 hectares, situação comum). Também a fragmentação causa o chamado “efeito borda”, ou seja, uma área anteriormente localizada no interior da floresta, agora está na sua borda, sendo exposta a intensidades de luz e vento, nunca anteriormente experimentados, afetando inclusive outros fatores como a umidade e a temperatura do ar e do solo. Isso normalmente leva à morte muitas árvores e ao excessivo crescimento de plantas trepadeiras, o que também contribui para a decadência das árvores. A extensão do efeito borda ainda está sendo estudada, mas pode às vezes alcançar mais de 100 m para o interior do fragmento.

Morais (1999), em estudo sobre a sustentabilidade da agricultura irrigada no contexto do Projeto Jaíba, inferiu que a sustentabilidade ambiental, social e econômica é uma noção que precisa ser incorporada no processo produtivo, ou seja, as práticas, as ações e os negócios assumidos pelos indivíduos podem ser estabelecidos quando estes tiverem apreendido, no seu processo de trabalho, toda a problemática – ambiental, social, econômica e cultural – que norteia a noção de desenvolvimento sustentável. Na interface, práticas agrícolas e meio ambiente destacam-se como questões que podem comprometer a sustentabilidade do agroecossistema, o uso inadequado de água e agrotóxicos pelos irrigantes. Do ponto de vista da sustentabilidade econômica, ficaram explícitas as dificuldades dos indivíduos em arcar com os custos do processo produtivo e com a comer-

cialização dos produtos. Conjugadas a esses fatores estão as relações de produção entre irrigantes e outros agentes, como atravessadores e meeiros, as quais mostram-se pouco vantajosas para os agricultores. Na dimensão social destacam-se problemas como condições de moradia, educação, saúde e saneamento. As condições de vida dos irrigantes do Projeto Jaíba refletem não apenas seus desempenhos em relação às atividades produtivas, mas também seu poder de investimento em tecnologias nas unidades de produção, da capacidade empresarial de cada um, do nível de instrução, das estratégias de assentamento adotadas e, sobretudo, do espaço destinado à construção das relações sociais.

Dentre os aspectos de relevância do projeto, foram destacadas suas características de clima e de solo (condição edafoclimática), a condição da água utilizada no Projeto, os aspectos relacionados com os sistemas de irrigação, o manejo da irrigação e o desempenho econômico e social, etc.

Condição climática

A classificação climática da área do Projeto, segundo Köppen, é predominantemente Aw, clima tropical úmido de savana, caracterizado pela existência de uma estação seca bem acentuada no inverno. A temperatura média anual é de 26°C e as temperaturas máxima e mínima de 28°C e 24°C, com ocorrência nos meses de outubro e junho, respectivamente. A precipitação média anual, de 974,8 mm, distribui-se de forma irregular, em que 81% do total precipitado concentra-se nos meses de outubro a março. A umidade relativa varia entre 29% e 87%, com média anual de 72%. Os valores médios da velocidade do vento variam de 1,8 m/s, em março, a 2,7 m/s, em setembro, sendo que em dez meses do ano a velocidade média é igual ou superior a 2,0 m/s, registrando-se valores instantâneos de até 14 m/s (HECTA; CODEVASF, 1987ab; ECOPLAN et al., 1988).

No Quadro 4, são apresentados valores de elementos climáticos observados na Gleba C2 do Projeto Jaíba, entre agosto de 2001 e agosto de 2003, obtidos em uma estação climatológica automática.

QUADRO 4 - Médias mensais dos parâmetros evapotranspiração de referência (ET_o) calculada pela equação de Penman-Monteith¹ (continua)

Mês/Ano	ET _o (mm/dia)	Temperatura			Velocidade do vento (m/s)	Umidade relativa média (%)	Precipitação (mm)	Radiação solar (w/m ²)
		Máxima (°C)	Média (°C)	Mínima (°C)				
Ago./2001	4,17	30,0	23,0	14,8	1,15	57,4	0,0	6.709
Set./2001	5,04	33,2	25,4	17,6	1,04	53,0	0,0	7.514
Out./2001	4,67	32,4	26,2	20,9	1,24	64,4	40,4	7.026
Nov./2001	3,70	30,3	24,8	20,7	0,51	85,2	193,7	6.024
Dez./2001	4,13	31,2	25,1	20,1	0,62	82,1	117,4	7.038
Jan./2002	3,95	30,4	24,6	20,2	0,68	88,9	337,8	6.927
Fev./2002	4,27	31,3	24,8	19,2	0,48	86,0	118,6	6.788
Mar./2002	4,21	32,2	25,0	19,1	0,46	83,0	36,0	7.405
Abr./2002	4,02	32,6	24,6	17,9	0,60	77,9	24,6	7.056
Mai./2002	3,35	31,7	23,1	15,3	0,44	73,2	0,8	6.882
Jun./2002	2,86	30,0	21,6	14,1	0,60	72,9	0,0	5.939
Jul./2002	3,08	30,9	22,2	13,7	0,54	69,7	0,4	6.230
Ago./2002	4,17	32,0	23,5	14,6	0,64	61,4	0,0	7.609
Set./2002	4,32	32,2	24,9	17,3	0,78	64,7	29,8	6.825
Out./2002	5,09	34,3	26,3	17,9	0,41	59,4	33,0	8.357

(conclusão)

Mês/Ano	ETo (mm/dia)	Temperatura			Velocidade do vento (m/s)	Umidade relativa média (%)	Precipitação (mm)	Radiação solar (w/m ²)
		Máxima (°C)	Média (°C)	Mínima (°C)				
Nov./2002	4,51	33,0	25,4	18,9	0,40	75,4	144,4	7.353
Dez./2002	4,07	31,9	25,3	20,2	0,32	84,1	451,8	6.885
Jan./2003	3,83	30,1	24,6	20,9	0,28	91,6	67,4	6.364
Fev./2003	4,96	32,5	26,5	20,1	0,26	74,8	35,0	7.524
Mar./2003	4,11	30,5	25,2	21,6	0,21	79,4	11,4	7.172
Abr./2003	4,17	33,6	25,7	19,1	0,27	66,8	42,8	7.027
Mai./2003	3,35	30,6	25,0	19,4	0,31	72,3	4,0	6.228
Jun./2003	3,19	31,5	24,1	16,6	0,31	69,6	0,0	6.434
Jul./2003	3,32	30,0	21,6	15,5	0,72	64,3	0,0	6.965
Ago./2003	3,64	31,5	23,1	18,1	0,47	65,2	5,2	6.957

FONTE: Simão (2004).

$$(1) \quad \lambda ET = \frac{\Delta (R_n - G) + p_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right)}$$

A temperatura média anual, observada nos anos de 2001 a 2003, 24,5°C, foi inferior à citada por Ferreira (1993), 26°C. A velocidade média do vento, observada por Simão (2004), 0,5 m/s, também foi inferior às citadas pelo mesmo autor. Por outro lado, a umidade relativa média observada, 72,9%, foi muito próxima à descrita de 72%. A precipitação anual média observada, 847,3 mm, foi ligeiramente inferior à descrita por Ferreira (1993), 974,8 mm, porém a distribuição, concentrada nos meses de outubro a março, foi semelhante. Não se pode fazer qualquer inferência sobre a diferença nas condições do clima descritas por Ferreira (1993) e Simão (2004), por se tratar de séries de dados com tamanhos diferentes.

O comportamento diário de alguns parâmetros climáticos pode ser observado no Gráfico 6, assim como observam-se que os valores diários de evapotranspiração de referência (ET_o), nos períodos de maior consumo, aproximaram-se de 6 mm, evidenciando, portanto, a grande necessidade de água para viabilizar os cultivos da região. O valor observado no Gráfico 6 é superior ao encontrado no Quadro 4, pois este apresenta valores médios mensais, e o outro, dados diários.

Caracterização edáfica

Os solos do Projeto, em sua maioria são arenosos (Latosolos e Podzólicos), de alta permeabilidade, com taxa de infiltração entre 12 e 20 cm/h e baixa capacidade de retenção de água, entre 12 e 16 mm, na camada superficial do solo de 30 cm, à exceção dos solos aluviais (área de Mocambinho), margeando o Rio São Francisco. Possuem níveis adequados de matéria orgânica (MO), quando cobertos por vegetação natural, abrangendo de 3% a 7% na camada superior de 40 cm; entretanto, este nível reduz para 1% ou menos, em solos cultivados. A capacidade de troca catiônica apresenta níveis também baixos, raramente excedentes a 15 meq/100 g, na área do sistema radicular. Diante da baixa fertilidade natural, esses solos requerem aplicações corretivas de calcário e fósforo e incorporação de MO, para se tornarem aptos à exploração agrícola em escala comercial (ECOPLAN et al., 1988, 1991). Simão (2004) apresentou resultados de análises do solo no Lote 29M da Gleba C2 do Projeto Jaíba, os quais podem ser observados nos Quadros 5 a 7.

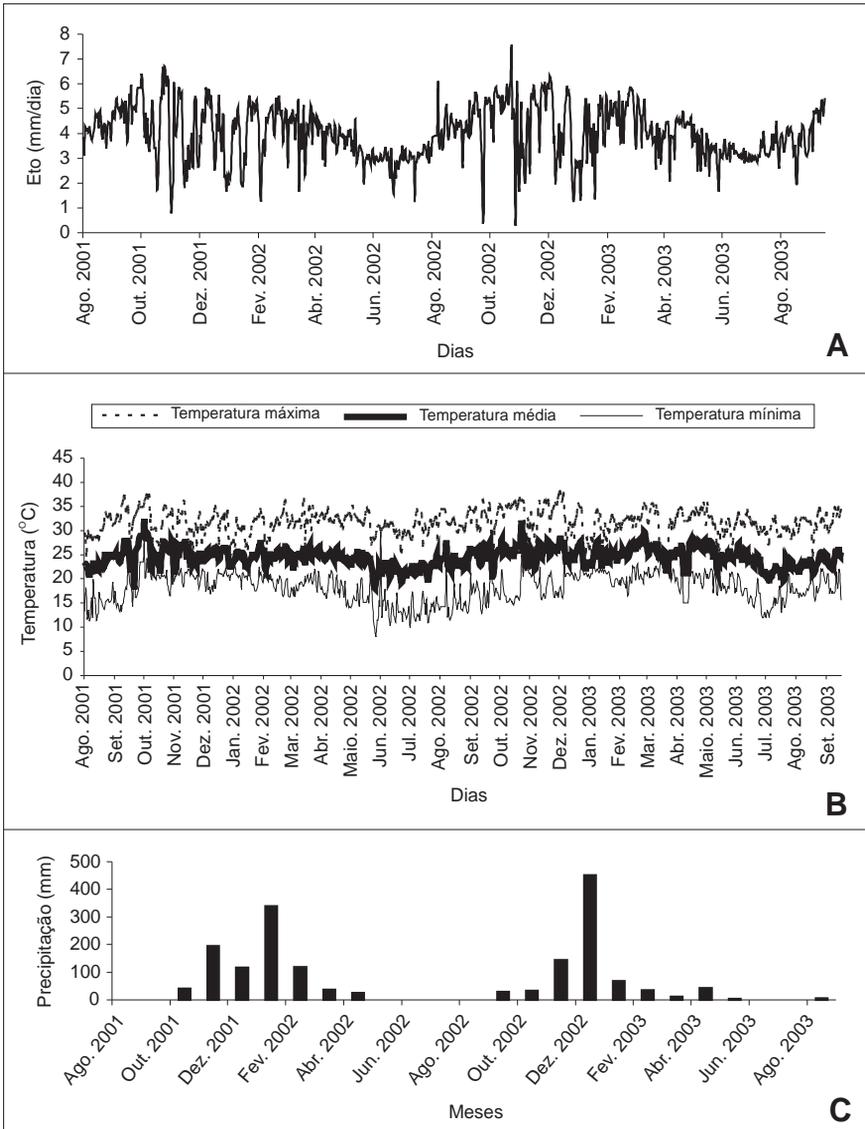


Gráfico 6 - Comportamento diário de alguns parâmetros climáticos no Projeto Jaíba
 FONTE: Simão (2004).

NOTA: Gráfico 6A - Valores diários da evapotranspiração de referência (Eto); Gráfico 6B - Valores diários das temperaturas máxima, média e mínima; Gráfico 6C - Ocorrência de precipitações.

QUADRO 5 - Resultados da análise físico-hídrica de solo do Projeto Jaíba

Camada (cm)	Tensão (kPa)						Massa específica (g/cm ³)
	10	30	100	300	1.000	1.500	
0 – 20	9,5	7,7	5,8	5,1	4,5	4,1	1,47
20 – 40	12,2	9,1	7,0	6,3	5,6	5,3	1,44

FONTE: Simão (2004).

QUADRO 6 - Resultados da análise granulométrica de solo do Projeto Jaíba

Camada (cm)	Areia (dag/kg)	Silte (dag/kg)	Argila (dag/kg)
0 – 20	85	7	8
20 – 40	84	8	8

FONTE: Simão (2004).

Como os solos do Projeto apresentam baixa fertilidade natural, torna-se necessária a aplicação de grandes quantidades de fertilizantes artificiais, objetivando grandes produtividades. Considerando-se que os solos arenosos apresentam alto risco de percolação de nutrientes, tal risco torna-se ainda maior, quando se faz o manejo inadequado da irrigação, com as precipitações concentradas em curto período, em especial nos meses de outubro a março.

Moura (2007), em experimento realizado no Projeto Jaíba, avaliou o efeito da lâmina de irrigação na lixiviação de nutrientes no solo, em parcela experimental de pinheira. Os elementos estudados foram P, K, Ca, e Mg. Os resultados mostraram uma tendência geral de maior deslocamento de sais das camadas superficiais para as mais profundas, onde houve maior aplicação de água, variando de acordo com o elemento.

Segundo Faquin e Fernandes (2001), qualquer elemento, essencial ou não, pode-se tornar tóxico desde que absorvido ou ingerido em quantidade excessiva por plantas ou animais. A toxidez para plantas e eventualmente para os animais tem duas origens: a própria natureza e o homem, isto é, antropogênica. Dentre as fontes antropogênicas estão os adubos minerais e orgânicos e os corretivos (calcário e gesso). Além dos nutrientes, que,

QUADRO 7 - Resultados das análises químicas dos solos cultivados com diversas culturas no Projeto Jaíba

Composição química	Unidade	Banana	Atemoia e pinha	Goiaba e manga	Lima-ácida 'Tahiti'
⁽¹⁾ pH	-	6,1	6,4	6,6	6,5
⁽²⁾ MO	dag/kg	0,8	0,8	0,7	1,0
⁽³⁾ P	mg/dm ³	7,1	5,1	1,6	5,4
⁽³⁾ K	mg/dm ³	20	52	23	35
⁽⁴⁾ Ca	cmolc/dm ³	1,8	1,6	1,7	2,6
⁽⁴⁾ Mg	cmolc/dm ³	0,1	0,3	0,3	0,7
⁽⁴⁾ Al	cmolc/dm ³	0,0	0,0	0,0	0,0
⁽⁵⁾ H+Al	cmolc/dm ³	1,0	1,9	1,6	1,3
SB	cmolc/dm ³	2,0	2,1	2,0	3,4
t	cmolc/dm ³	2,0	2,1	2,1	3,4
T	cmolc/dm ³	3,0	4,0	3,6	4,7
V	%	67	51	57	73
m	%	0	2	2	0
⁽⁶⁾ B	mg/dm ³	0,4	0,3	0,2	0,4
⁽³⁾ Cu	mg/dm ³	1,3	0,2	0,3	0,3
⁽³⁾ Fe	mg/dm ³	12,3	17,8	14,4	4,3
⁽³⁾ Mn	mg/dm ³	7,3	5,6	18,7	65,1
⁽³⁾ Zn	mg/dm ³	5,6	0,2	0,3	2,0

FONTE: Dados básicos: Simão (2004).

NOTA: SB - Soma de bases; t - Capacidade de troca catiônica efetiva; T - Capacidade de troca catiônica a pH7; V - Saturação por bases; m - Saturação por alumínio; dag/kg =%; mg/dm³=ppm; cmolc/dm³=meq/100 cm³.

(1) pH em água. (2) Colorimetria. (3) Extrator: Mehlich-1. (4) Extrator: KCl 1 mol/L. (5) pH da solução tampão, SMP. (6) Extrator: Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg/L de P.

dependendo da dosagem, podem-se tornar tóxicos, esses materiais apresentam em sua composição, outros elementos potencialmente tóxicos, citando-se o cromo (Cr) e o chumbo (Pb), dentre outros, conforme pode ser observado nos Quadros 8 e 9.

QUADRO 8 - Faixas de concentrações típicas de metais pesados em fertilizantes fosfatados e calcários

Produto	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg /kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg /kg)
Adubos fosfatados	0,1 – 170	7 – 225	7 – 30	1 – 300	50 – 1.450
Calcários	0,04 – 0,1	20 – 1.250	10 – 20	5 – 125	10 – 450

FONTE: Alloway (1990).

QUADRO 9 - Composição média e limites de variação de alguns metais pesados para o lodo de esgoto, esterco de curral e composto de lixo

Elemento	Lodo de esgoto		Esterco de curral	Composto de lixo ^(A)
	Média	Limite		
mg/kg				
Hg	2	0-5	^(B) 0,2	0,7
Co	10	0-100	^(B) 5,9	-
Cd	20	0-300	^(B) 0,8	0,4
Ni	150	10-1.300	^(B) 29	58
Cu	250	1-3.000	200	163
Cr	500	10-50.000	^(B) 56	105
Pb	700	50-50.000	^(B) 16	115
Mn	500	50-2.500	400	1
Zn	3.000	500-20.000	800	262
Fe	16.000	2.000-42.000	2.500	18.600

FONTE: (A) Dados básicos: Berton (1992). (B) Adriano (1986).

Apesar de apresentarem a possibilidade de os elementos químicos presentes em fertilizantes atingirem concentrações consideradas tóxicas, Faquin e Fernandes (2001) relatam que, o uso adequado dos corretivos e fertilizantes, nas doses e modos recomendados, não eleva a concentração de metais pesados e outros elementos no solo e na planta a níveis indesejáveis e prejudiciais aos animais e humanos.

A água do Projeto Jaíba

A fonte de água para o Projeto Jaíba é o Rio São Francisco, que, segundo a classificação proposta pelo United States Salinity and Laboratory Staff, é considerada de boa qualidade (C_1S_1), podendo ser utilizada para irrigação de qualquer tipo de cultura e solos (USDA, 1954). Simão (2004) apresentou o resultado de análise da água utilizada no Lote 29M da Gleba C2 do Projeto Jaíba, que, no Quadro 10 pode ser comparado com outra amostra retirada recentemente no mesmo local.

QUADRO 10 - Resultado de análises da água de irrigação utilizada no Projeto Jaíba

Parâmetro	Unidade	Quantidade	
		^(A) 2002	2007
pH	-	6,7	8,5
Condutividade elétrica (CE)	Micromhos/cm a 25°C	79	69
Ca	meq/L	0,65	0,42
Mg	meq/L	0,16	0,12
Na	meq/L	0,15	0,04
Carbonato	meq/L	0,00	0,10
Bicarbonato	meq/L	1,20	0,80
Cloreto	meq/L	0,40	1,40
Razão de adsorção de sódio (RAS)	-	0,24	0,29
^(B) Classificação da água para irrigação	-	C_1S_1	C_1S_1

FONTE: (A) Simão (2004); (B) USDA (1954).

Observa-se que houve uma pequena variação nos parâmetros analisados, com exceção do pH que aumentou drasticamente. Essa variação pode ser atribuída à proliferação de algas, esse aumento das algas é relacionado com o aumento do teor de matéria orgânica nos canais de irrigação especialmente nos seus finais, como o ponto de onde foram retiradas as amostras (Fig. 2).

O aumento do pH pode propiciar a precipitação de determinados sais ou mesmo prejudicar a eficiência de produtos químicos que tiverem sua calda preparada com esta água, mas o fator mais preocupante é que a MO presente nos canais, possível causadora da proliferação de algas, pode causar, caso não se utilize um sistema de filtragem adequado, o entupimento de emissores, o que, especialmente nos sistemas de irrigação localizada, pode causar grande redução na uniformidade de aplicação de água e, conseqüentemente, queda na eficiência. Recomenda-se, portanto ao DIJ, maior cuidado e atenção à manutenção e limpeza dos canais do Projeto.



Fulvio Rodriguez Simão

Figura 2 - Canal de irrigação no Projeto Jaíba

Ainda assim, a partir destas análises, pode-se inferir que o risco de salinização e de alcalinização é extremamente baixo, quando utilizada a água retirada do Rio São Francisco, considerando suas características atuais, principalmente quando se observa a boa drenagem natural dos solos das áreas ocupadas na Etapa 1. Entretanto, já foram observadas áreas com problemas de drenagem na Etapa 2, que se encontra em implantação. Este fato, combinado ao manejo inadequado da irrigação, aos sistemas de drenagem artificial inexistentes ou insuficientes e ao uso excessivo de adubação e fertirrigação, pode, apesar da boa qualidade da água, proporcionar problemas relacionados com a salinidade de solos.

A água necessária ao projeto é derivada de um canal de chamada de 1,2 km de extensão até a estação de bombeamento principal do Projeto (EB₁), onde se acham instalados nove conjuntos motobombas de um total previsto de dez, sendo quatro conjuntos de 10 m³/s, e cinco de 5 m³/s. Podem-se observar as grandes dimensões da EB₁ na Figura 3.



Figura 3 - Dimensões da estação de bombeamento principal do Projeto (EB₁)

A capacidade efetiva de bombeamento, após a implantação total do Projeto, será de 80 m³/s. A partir da EB₁, a condução do volume de água captado é feita pelo canal principal (CP₁), numa extensão de 6,9 km, até a estação de bombeamento nº 2 (EB₂). Esta estação, com seis conjuntos moto-bombas, já instalados, de um total previsto de 15 conjuntos, recalca a água recebida do CP₁ para o canal principal nº 2 (CP₂), com 6,5 km de extensão, atendendo à área componente da Gleba A. As áreas das Glebas B, C₂ e C₃ têm supridas suas necessidades hídricas, por meio de canais secundários oriundos da derivação do CP₁. Já as áreas das Glebas D (Mocambinho) e F, são supridas por canais secundários derivados do CP₁ e CP₂, respectivamente. A descrição da estrutura, utilizada para o suprimento de água nos lotes do Projeto, permite inferir sobre a grande quantidade de recursos investidos pela sociedade neste Projeto. Um esquema da distribuição de água do Projeto Jaíba pode ser observado na Figura 4.

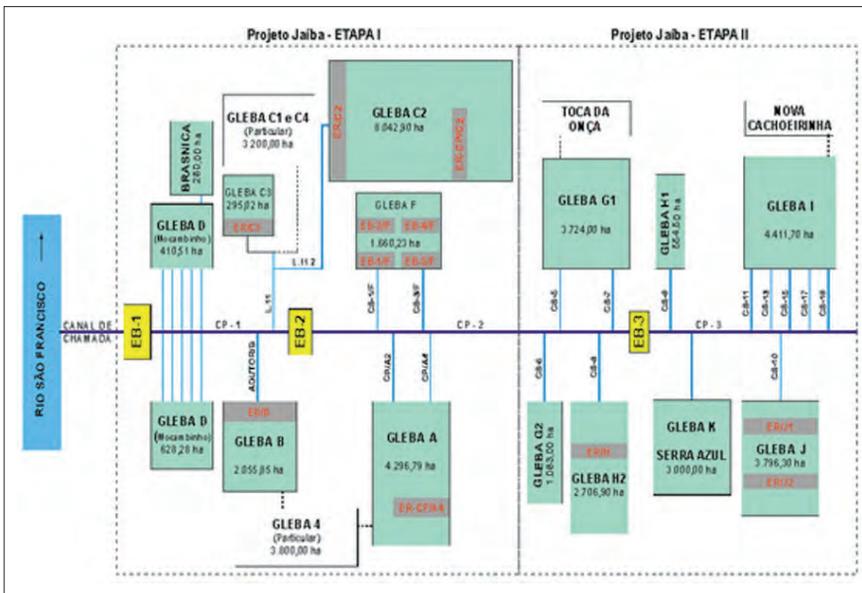


Figura 4 - Diagrama do sistema de distribuição de água do Projeto Jaíba
 FONTE: DIJ (2008).

Sistemas de irrigação

Ferreira (1993) observou, na década de 90, que a maior parte da irrigação era realizada por sulcos e por aspersão convencional. Nas suas avaliações, constatou que, para os sistemas de sulcos, foi encontrada perda excessiva por percolação profunda, variando de 57,8% a 75,2%, que refletia não somente ao inadequado manejo do sistema, mas, principalmente, à natureza dos solos da área. As perdas por evaporação e deriva, inevitavelmente, ocorrem em um sistema de irrigação por aspersão e, segundo o referido autor, alcançaram de 10,5% a 40,1%. Neste estudo, foram observadas perdas por causa dos vazamentos nos sistemas de condução da água para a irrigação de até 10%. Verificou-se, porém, que com uma manutenção adequada, estas perdas poderiam cair para 1% ou até mesmo inexistirem, quando forem alcançadas condições ótimas de conservação das tubulações.

Atualmente, o sistema de irrigação mais utilizado no Projeto é por aspersão, adotado principalmente por assentados que já receberam os lotes com o sistema já instalado. À medida que os produtores se capitalizam, tendem a investir na aquisição de sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), buscando maior eficiência no uso de água. Há ainda, em Mocaminho, algumas áreas irrigadas por superfície (sulcos), opção adotada pelo suprimento de água não contínuo e pela característica dos solos dessas áreas, menos arenosos que no restante do Projeto.

A opção por sistemas de irrigação localizada deve ser realizada com a adoção de práticas adequadas de manutenção e filtragem, uma vez que o entupimento de emissores, que apresentam bocais de pequenas dimensões, pode reduzir drasticamente a uniformidade da irrigação e, conseqüentemente, a eficiência do sistema.

Apesar da opção por sistemas de irrigação mais eficientes, observa-se grande desperdício de água no Projeto, principalmente por falta de adoção de práticas de manejo da irrigação.

Manejo da irrigação

Almeida (1997), ao avaliar sistemas de irrigação pressurizados, bem como o manejo da água da cultura da banana no Projeto Gorutuba, próximo ao Projeto Jaíba e de características bem semelhantes, obteve parâmetros técnicos relacionados com a operacionalização, o dimensionamento e o manejo dos sistemas de irrigação, podendo servir, inclusive, de referência para outras áreas a serem implantadas ou em funcionamento. Neste estudo, observou-se um excesso de aplicação de água na maior parte dos lotes irrigados por microaspersão, excesso em um lote e déficit em outro na miniaspersão e perda por percolação na aspersão subcopia, por causa da pequena capacidade de retenção dos solos, associada ao turno de rega semanal. Ocorreu, na maioria dos sistemas, excesso de aplicação de água, proporcionando perda por percolação. Verificou-se ainda que o tempo de irrigação projetado para o sistema em condições de máxima exigência da cultura é adotado durante o ano todo, independentemente das condições climáticas.

Quaresma Filho (1999), ao estudar os parâmetros físico-hídricos dos solos, parâmetros hidráulicos dos sistemas de irrigação e também informações sobre os projetos e seu manejo, observou déficit de aplicação de água em todos os lotes avaliados no Projeto Gorutuba. Já, no Projeto Jaíba, foram observados tanto excesso de aplicação de água quanto déficit nos diversos lotes avaliados, o que caracteriza um completo descontrole no manejo da irrigação, ressaltando-se a importância, para ambos os Projetos, do controle da lâmina aplicada por meio do monitoramento constante das condições de umidade do solo, além da demanda evapotranspirométrica da cultura.

Nas condições atuais, ainda se observa um completo descontrole no manejo dos sistemas de irrigação do Projeto Jaíba, sendo adotado, durante todo o ano a lâmina de projeto. Utilizando os valores médios mensais de ETo do Quadro 4, pode-se observar que este parâmetro, representativo da demanda hídrica das culturas, varia de 2,86 a 5,09 mm. Dessa forma, em alguns períodos podem ocorrer excessos de cerca de 2,23 mm, nas irrigações. Considerando que esses excessos podem ser observados em grande

parte dos 5.346,88 ha em produção, pode haver perdas devidas a irrigações excessivas, da ordem de 119.235 m³/dia, volume suficiente para atender às necessidades diárias de cerca de 700 mil pessoas. Quando observados os valores diários (Gráfico 6A), a variação da ETo torna-se maior ainda, evidenciando que os desperdícios diários podem ser maiores.

A definição de coeficientes adequados para as diferentes culturas em função dos estádios de desenvolvimento, porcentagem de área molhada e sombreada, como os sugeridos por Simão A. (2002) e Simão, F. (2004), permite uma maior precisão na determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada para atender às necessidades hídricas das culturas.

Como os sistemas de irrigação por aspersão convencional predominam, devem-se observar as condições climáticas para determinar o momento de realizar as irrigações, uma vez que, a partir dos estudos de Ferreira (1993), pôde-se verificar que a velocidade do vento e a temperatura do ar podem influenciar grandemente este tipo de irrigação, com aumento das perdas em até 14,2%.

Moura (2007) também realizou estudo sobre o uso da água nos lotes empresariais do Projeto Jaíba, onde se comparou o volume de água consumido no período de abril a setembro de 2006 com o consumo de água estimado pela simulação do balanço hídrico com o uso do programa IrriPlus®. Foram selecionados dez lotes, onde foram coletados dados de solo, água, culturas, equipamentos de irrigação entre outras informações necessárias para as simulações. Os dados meteorológicos foram obtidos em estação automática, localizada em um dos lotes. Todos os lotes apresentaram excesso de água nas irrigações em determinados períodos e déficit em outros. A média geral foi de 139 m³/ha/mês de água, em excesso, utilizada nas irrigações.

Desempenho econômico e social

Para que um perímetro irrigado, como o Projeto Jaíba, promova desenvolvimento regional sustentável, é necessário que seja viável não só do ponto de vista ambiental, mas também com relação aos aspectos econômicos e sociais, preservando os recursos necessários para as gerações

futuras. Assim, também é necessário observar aspectos socioeconômicos, visando estabelecer suas relações com o ambiente.

Ferreira (1993) observou uma preferência pela adoção de culturas tradicionais como o algodão, o arroz, o feijão e o milho. A partir do ano agrícola de 1989, foi verificada uma tendência à diversificação de culturas direcionadas, principalmente para a produção de sementes e agroindustrial, motivados certamente pela presença de consumidores em potenciais como, por exemplo, a Agrocere, a Karambi-alimentos e outros. Também observou a cultura da banana como opção de exploração. A preferência por essa cultura deveu-se às condições facilitadas de condução e à facilidade de escoamento da produção decorrente da infraestrutura de comercialização. Posteriormente ao trabalho citado, houve uma grande expansão da cultura da banana no Projeto Jaíba, que principalmente por problemas com a doença mal-do-Panamá (*Fusarium* spp.) e com a queda do preço pago ao produtor, está sendo substituída por outras culturas.

Atualmente, observa-se grande diversificação entre as culturas adotadas, havendo uma tendência a um grande crescimento na área de cultivo de cana-de-açúcar, com a chegada de grupos empresariais que têm expectativa de ocupar grande parte da Etapa 2 com esta cultura. A cana torna-se, portanto, opção ao cultivo de fruteiras que prevalece atualmente no Projeto.

Estudos desenvolvidos pela Fahma Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda., empresa que prestou assistência técnica ao Projeto, constatou que o maior índice de utilização da área verificado foi de 1,27 cultivo/ano, ocorrido na safra de 1988/1989 e que os maiores percentuais de ocupação de áreas irrigáveis encontrados foram para a área de Mocambinho de 68%, em agosto de 1988, quando o Distrito financiou a exploração de feijão aos colonos e de 87,5% em agosto de 1989, em virtude do bom preço do feijão e da boa safra anteriormente obtida. Estes resultados mostram a importância do financiamento, especialmente para a manutenção das pequenas e médias propriedades, e a grande influência dos preços (mercado) para a manutenção da exploração agrícola no Jaíba. Devemos lembrar que o maior acesso ao financiamento permitirá aos pequenos agricultores substituir os

sistemas de irrigação antigos pelos sistemas de irrigação localizada com maior eficiência potencial.

Outro fator citado como de grande importância para a manutenção das atividades no Projeto é a estrutura de comercialização, que necessita ser mais bem estabelecida.

Ferreira (1993) encontrou valores para relação benefício/custo, do Projeto Jaíba, com benefícios descontados às taxas de 6% e 12% a.a., de 0,87 e 0,86 respectivamente, considerando a situação em que se encontrava o Projeto. Quando projetou melhorias como adoção de sistemas de irrigação com maior eficiência, exploração de culturas de maior valor econômico, dentre outras, a relação foi de 2,19 e 1,89, demonstrando ser possível obter níveis satisfatórios de retorno econômico, quando se opta pela realização de investimentos que visem corrigir as distorções que impedem a produção potencial das culturas exploradas. Muitas dessas correções que proporcionaram, segundo o referido autor, uma chamada situação planejada, já foram realizadas. Entretanto, outros aspectos passaram a ser observados, como, por exemplo, o custo ambiental dos recursos utilizados no Projeto, o qual pode novamente comprometer a sua viabilidade, observada em um sentido mais amplo.

Com relação a aspectos sociais, Ferreira (1993) destacou a contenção do processo migratório de trabalhadores, mostrando que, dados censitários coletados na área do projeto, em maio de 1991, mostravam uma população de, aproximadamente, cinco mil pessoas, distribuídas em quatro núcleos habitacionais. Atualmente, estima-se que esta população duplicou, ou seja, passou para cerca de dez mil pessoas. A oferta de alimentos foi outro ponto destacado em 1991, com 6.767 toneladas, em 2005 este valor alcançou 59.210,07 toneladas.

A agroindústria que constitui uma das maiores forças do desenvolvimento econômico, comprovadamente, tem possibilitado a transformação da economia tradicional em uma economia dinâmica e autossustentada. Estudos realizados nos Estados Unidos revelaram que a agroindústria, quando integrada à agricultura, multiplica em dez vezes a renda e os empregos de uma região (HECTA; CODEVASF, 1987ab). Curiosamente, na

cadeia produtiva da fruticultura mineira, o maior número de indústrias processadoras de frutas encontra-se na região da Zona da Mata mineira, enquanto a maior parte da produção localiza-se no Triângulo Mineiro e Norte de Minas. Isto evidencia a necessidade de as agroindústrias produtoras de polpas e sucos, que utilizam as frutas como matéria-prima, instalem-se próximas a grandes centros produtores, como é o caso do Projeto Jaíba, ampliando a sustentabilidade conjunta dos empreendimentos.

Pode-se observar uma melhoria da qualidade de vida no meio rural, referente às facilidades construídas em função do Projeto Jaíba, com assistências no setor de educação e saúde, do acesso à eletrificação e das facilidades de transporte geradas pela construção de estradas de acesso à região do Projeto (FERREIRA, 1993).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivou-se com este trabalho proporcionar subsídios para outros estudos relacionados com este importante Projeto de Irrigação.

Segundo Morais (1999), a questão ambiental, no contexto do Projeto Jaíba, vai além dos problemas de contaminação do ambiente por uso indiscriminado de agrotóxicos ou da água, onde, nesses casos, pode-se determinar, com muita precisão, qual é o agente causador e por que o faz. Os problemas de deterioração ambiental existentes no Jaíba são mais complexos e resultantes da ação conjunta de diversos fatores, quais sejam, ausência de infraestrutura, especialmente serviços de água e esgoto, proliferação da pobreza e, sobretudo, uso social da natureza. Assim, torna-se necessário ocorrer mudanças no planejamento de atividades agrícolas, como, por exemplo, capacitação de técnicos e irrigantes.

Identificou-se a necessidade de adoção de métodos de irrigação de maior eficiência, bem como o uso de um manejo adequado destes. Sugeriu-se também a realização de estudos que aumentem a precisão do manejo da irrigação, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de métodos facilmente adotados pelos irrigantes.

Foram destacados alguns métodos utilizados na AIA, e para a elaboração de EIA/RIMA, entretanto, necessita-se da determinação de indicadores e de sua quantificação para que estes possam ser utilizados em suas análises. Portanto, sugere-se a avaliação de alguns aspectos de importância e a adoção de algumas ações em busca de melhorias nas condições ambientais do Projeto Jaíba e de seu entorno, como descrito a seguir.

Aspectos que necessitam ser avaliados

Em razão da aplicação de água em excesso no Projeto Jaíba, infere-se que a água de drenagem ou de percolação possa estar carreando grandes quantidades de defensivos e agrotóxicos, causando um prejuízo maior, não detectado pelo produtor e, principalmente, poluindo os recursos hídricos. Portanto, sugere-se que seja dado prosseguimento a outros estudos detalhados, visando não somente quantificar este impacto, como sobretudo, propor tecnologias que o reduzam.

A exemplo da aplicação de água, observa-se que os adubos podem estar sendo aplicados em excesso, em razão da não utilização de análises de solo e foliares. Observa-se também que os defensivos podem estar sendo utilizados antes que as pragas atinjam o nível de dano econômico, sendo estes aspectos de extrema relevância para os impactos ambientais do Projeto.

Também necessita-se avaliar a preservação das espécies das áreas de reserva, observando o impacto das áreas já desmatadas, e a intervenção humana nessas áreas, sugerindo, por exemplo, que esta seja interligada a corredores ecológicos.

Silva (2001) afirma que o conhecimento das perdas de solo, insumos, água e dos fatores que compõem os modelos de predição de perdas de solo são importantes para o planejamento conservacionista, contribuindo para o uso sustentável desses solos. Neste sentido, sugere-se que sejam avaliadas as perdas de solo e água nas condições de cultivo do Projeto Jaíba.

Observando-se a dinâmica do desenvolvimento do Projeto, um aspecto que merece estudo detalhado é a mudança dos cultivos adotados na região, uma vez que esta variação da atividade, que geralmente ocorre

de forma abrupta, proporciona diversas alterações que comprometem a sustentabilidade da região. Segundo relatos, na região de abrangência do Projeto Jaíba já foi predominante o cultivo de tomate para agroindústria, algodão, cultivo extensivo de banana, sendo que atualmente predomina a exploração de frutas e hortaliças diversas e uma tendência à concentração nos cultivos da cultura da cana-de-açúcar e oleaginosas para produção de biodiesel. Todas essas mudanças trazem sérias consequências relacionadas, não só com os impactos ambientais dos cultivos, como também com as mudanças na condição socioeconômica da região, e que a experiência adquirida nos ciclos de produção anteriores deveria ser adequada, visando maior estabilidade na adoção das novas atividades.

Em especial, quando se considera a substituição de áreas com cultivos perenes, como a fruticultura, por atividades que propiciam maior revolvimento do solo, como a olericultura e o cultivo da cana-de-açúcar, torna-se importante que se quantifique a mudança dos impactos da mecanização no Projeto, bem como o aumento das perdas de solo e água.

SUGESTÕES

Segundo Ferreira (1993), as experiências com o Projeto Jaíba e outros projetos, não só em nível nacional, mas também internacional, devem ser consideradas em decisão governamental, para que a implantação de novos projetos de irrigação pública seja mais adequadamente estruturada, com velocidade de implementação compatível com a realidade socioeconômica e ambiental da região do projeto, de forma que propicie, no menor tempo, os benefícios esperados pela sociedade. Espera-se também que em experiências futuras, preocupem-se mais com os aspectos ambientais, observando os já identificados.

Para os muitos outros aspectos de importância que ainda necessitam ser avaliados, sugere-se que os estudos, além da sua quantificação na forma de indicadores, possam ser utilizados pelos métodos de avaliação de impactos ambientais mais adotados atualmente, e que proponham melhorias para as condições da região.

Em relação à irrigação, destaca-se que o uso de sistemas mais eficientes, como a irrigação localizada, possa proporcionar maior economia de água e energia, quando comparado ao uso de outros sistemas. Destaca-se também que, mesmo com o uso de sistemas mais eficientes, o manejo adequado da irrigação é fundamental. Portanto, recomenda-se que se baseie sempre na necessidade hídrica real da cultura, para determinar o volume de água a ser aplicado, evitando o desperdício desse escasso recurso.

CONCLUSÕES

Verificou-se que projetos de irrigação, especialmente do porte do Projeto Jaíba, causam grandes impactos ambientais na sua área de abrangência, destacando-se o grande consumo de água, agravado pelo manejo inadequado da irrigação e pelo uso de sistemas de menor eficiência.

A boa qualidade da água utilizada no Projeto minimiza os riscos de salinização dos solos. Assim como a utilização adequada de áreas de preservação ambiental permite que, mesmo com a grande área ocupada, sejam preservadas espécies vegetais e animais existentes anteriormente na região.

Apesar da condição distrófica dos solos da região exigir adubação e correção para atingir níveis de produtividade adequados, acredita-se que, quando os adubos e fertilizantes forem utilizados nas doses e modos recomendados, não haverá risco de elevar a concentração de metais pesados e outros elementos no solo e na planta para níveis indesejáveis e prejudiciais aos animais e humanos.

Principalmente quando se observam os benefícios sociais e econômicos, proporcionados à região do Projeto, conclui-se que os grandes investimentos feitos para a implantação do Projeto Jaíba, incluindo nessa análise os impactos ambientais, são plenamente compensados. Entretanto, a ocupação sustentável de toda a área prevista pelo Projeto, observando-se as sugestões para a melhoria ambiental desse perímetro irrigado, pode propiciar um melhor retorno para a sociedade, com garantias de preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, D.C. **Trace elements in terrestrial environment**. New York: Springer Verlag, 1986. 533p.
- ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soil**. London: John Wiley, 1990. 339 p.
- ALMEIDA, F.T. de. **Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no Projeto Gorutuba**. 1997. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985. 186 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).
- BERG, E. van den. **Estrutura e ecologia de comunidades e populações vegetais**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. 30 p. Apostila do Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) à Distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.
- BERGMANN, H.; BOUSSARD, J.M. **Guide to the economic evaluation of irrigation projects**. Paris: OECD, 1976. 257p.
- BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: ABEAS: Viçosa, MG: UFV, 1997. p.79-88.
- _____. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa, MG: UFV, 1996. 657 p.
- _____; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.
- BERTON, S.R. Fertilizantes e poluição. In: DECHEN, A.R.; BOARETTO, A.E.; VERDADE, F.C. **Adubação, produtividade e ecologia**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 299-313.
- BISSET, R. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A.K.; GEPING, Q. (Ed.). **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycoly International, 1987. p.3-64.
- BOEIRA, R.C.; SOUZA, M.D. de. **Movimento do herbicida Tebutirom no perfil de três tipos de solo através de colunas de lixiviação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 4 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 25).
- BOTELHO, C.G.; CAMPOS, C.M. **Recursos naturais renováveis: água**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. 141 p. Apostila do Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu"

(Especialização) à Distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.

CALEGAR, G.M. Contribuição da irrigação para a economia regional: o caso do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.19, n.1, p.47-74, 1988.

CANTER, L.W. **Environmental impact assessment**. New York: McGraw-Hill, 1977. 331p. (Water Resources and Environment Engineering).

CASLEY, D.J.; LURY, D.A. **Manual para el seguimiento y evaluación de proyectos agrícolas y desarrollo rural**. [S.l.]: Banco Mundial, 1982. 179 p.

CONAMA. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 fev. 1986. Seção 1, p. 2548-2549. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: nov. 2008.

CONTADOR, C.R. **Avaliação social de projetos**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1988. 316 p.

CORSON, W.H. **Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio-ambiente**. 4.ed. São Paulo: Augustus, 2002. 413 p.

DAKER, A. **A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola**. 5. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. v. 3: irrigação e drenagem.

DELGADO, F.C. **Apuntes sobre evaluacion de proyectos de transformacion en regadio**. Brasília: PRONI, 1988. 157p. 1ª Curso Internacional de Ingenieria de Regadios.

DIJ - Distrito de Irrigação de Jaíba. Mocambinho, Jaíba, [2008]. Disponível em: <www.projetojaiba.com.br>. Acesso em: 6 nov. 2008.

ECOPLAN; MAGNA; CODEVASF; COBA. **Estudos básicos de reabilitação do perímetro de Mocambinho**: revisão de estudos básicos. [Brasília]: CODEVASF, 1991. v.1, 119 p.

_____; _____. **Projeto Jaíba - 1ª etapa**: projeto básico glebas ABC₃ e C₂. Porto Alegre: ECOPLAN, 1988. v.4, 308p.

ENGER, D.E.; SMITH, B.F. **Impacto ambiental e análise de risco**: risco e custo como elementos para tomada de decisão. Tradução L.R.G. Guilherme. Lavras: UFLA: FAEPE, 2003. p. 6-31. Apostila do Curso de Pós-graduação "Lato Sensu" (Especialização) à Distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas. Tradução de: Environmental sciences: a study of interrelationships.

ERICKSON, P.A. **A practical guide to environmental impact assessment**. San Diego: Academic Press, 1994. 266 p.

FAO. Aquastat. **FAO's information system on water and agriculture**. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/brazil/index.stm>>. Acesso em: 25 jul. 2007.

FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A. Fertilizantes e impacto ambiental. In: SILVA, M.L.N. **Solo no contexto ambiental**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. p. 26-57. Apostila do Curso de Pós-graduação "Lato Sensu" (Especialização) à Distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.

FARIA, M.A. de. **Irrigação e meio ambiente**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. 38 p. Apostila do Curso de Pós-graduação "Lato Sensu" (Especialização) à Distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.

FERREIRA, E.J. **Análise técnica e econômica do Projeto de Irrigação Jaíba, MG**. 1993. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HECTA; CODEVASF. **Estudo de mercado e comercialização do Projeto Jaíba: síntese executiva**. São Paulo, 1987a. 215 p. (CODEVASF. Documento, 7).

_____; _____. **Estudos complementares de mercado, comercialização e desenvolvimento agroindustrial do Jaíba**. São Paulo, 1987b. 79 p. (CODEVASF. Projeto Aplicativo de Métodos e Resultados. Documento, 6).

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. de. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.137-169.

IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília, 1995. 134p.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Nostrand Reinold, 1990. 652p.

_____; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler, 1975. 133 p.

LANNA, A.E.; ROCHA, V. **Análises econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília: ABEAS, 1988. 159p. (ABEAS. Curso de Engenharia de Irrigação. Módulo, 12).

- LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.113-136.
- MANTOVANI, E.C. **Curso de manejo da irrigação utilizando o programa Irriga**. Viçosa, MG: UFV-DEA, 2003. 59 p.
- MAZZINI, A.L.D.A. **Dicionário educativo de termos ambientais**. Belo Horizonte: Lutador, 2003. 381p.
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MILARE, E. Estudo prévio de impacto ambiental no Brasil. In: MÜLLER-PLANTENBERG, C.; AB'SABER, A.N. (Org.). **Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul: experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha**. São Paulo: EDUSP, 1994. p.51-83.
- MORAIS, L.F. de. **A sustentabilidade da agricultura irrigada no contexto do Projeto Jaíba**. 1999. 92 p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MOTTA, R.S. da. As técnicas de análises de custo-benefício na avaliação ambiental. In: TAUKE, S.M.; GOBBI, N.; FOWLER, H.G. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1991. 169 p.
- MOURA, B.R. **Avaliação do uso da água em fruteiras irrigadas no Projeto Jaíba**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- POMERANZ, L. **Elaboração e análise de projetos**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1988. 246 p.
- QUARESMA FILHO, M.I.M. **Avaliação dos sistemas de irrigação por microaspersão na fruticultura dos projetos Gorutuba e Jaíba**. 1999. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- RODRIGUES, G.S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 66 p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 14).
- _____; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P.C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: AMBITEC-AGRO**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 95 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).

_____; _____. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n. 3, p. 349-375, set./dez. 2002.

SILVA, M.L.N. Conservação e planejamento de uso do solo. In: _____. **Solo no contexto ambiental**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. p. 81-134. Apostila do Curso de Pós-graduação "Lato Sensu" (Especialização) à Distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.

SIMÃO, A.H. **Influência da percentagem de área molhada no desenvolvimento da cultura da bananeira irrigada por microaspersão**. 2002. 80 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SIMÃO, F.R. **Estudo de diferentes estratégias de manejo da irrigação em cinco importantes fruteiras na região Norte de Minas Gerais**. 2004. 83 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOARES, A.A. **Irrigação por aspersão e localizada**. Brasília: ABEAS: Viçosa, MG: UFV, 1998. 86 p. (ABEAS. Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação. Módulo, 4).

STONE, D.M.; HARRIS, A.R.; KOSKINEN, W.C. Leaching of soil-active herbicides in acid, low base saturated sands: worst-case conditions. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.12, p.399-404, 1993.

USDA. United States Salinity Laboratory Staff. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. Washington, 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Av. José Cândido da Silveira, 1.647, Cidade Nova
CEP 31170-000, Belo Horizonte-MG - site: www.epamig.br

INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio



Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002

