WASHINGTON ATAYDE BOARETTI

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS TRADICIONAIS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO E O SISDA: UM ESTUDO DE CASO CONSIDERANDO OS ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA CULTURA DA BANANA NO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DO GORUTUBA - MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

WASHINGTON ATAYDE BOARETTI

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS TRADICIONAIS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO E O SISDA: UM ESTUDO DE CASO CONSIDERANDO OS ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA CULTURA DA BANANA NO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DO GORUTUBA - MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

APROVADA: 14 de novembro de 2001.

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Conselheiro)

Prof. Antônio Alves Soares

Prof. Gilberto Chohaku Sediyama

Profa. Viviani Silva Lírio

Prof. Luiz Cláudio Costa
(Orientador)

A **Deus**, **Jesus Cristo** e **Espírito Santo**.

Pegadas na areia...

Um dia eu tive um sonho...Sonhei que estava andando na praia com o Senhor e no céu passavam cenas da minha vida.Para cada cena que passava, percebi que eram deixados dois pares de pegadas na areia: um era meu e o outro do Senhor.

Quando a última cena da minha vida passou diante de nós, olhei para trás, para as pegadas na areia,e notei que muitas vezes, no caminho da minha vida, havia apenas um par de pegadas na areia.

Notei também que isso aconteceu nos momentos mais difíceis e angustiantes da minha vida.Isso me aborreceu deveras e perguntei então ao meu Senhor:-

Senhor, tu não me disseste que, tendo eu resolvido te seguir, tu andarias sempre comigo, em todo caminho?

Contudo, notei que durante as maiores tribulações do meu viver, havia apenas um par de pegadas na areia.

Não compreendo por que nas horas em que eu mais necessitava de ti, tu me deixaste sozinho.

O Senhor me respondeu:

- Meu querido filho. Jamais te deixaria nas horas da prova e do sofrimento.

Quando viste, na areia, apenas um par de pegadas, eram as minhas.

Foi exatamente aí que te carreguei nos braços.

Autor Anônimo

AGRADECIMENTOS

É importante agradecer...

Agradecer é reconhecer... Para mim, apenas dizer obrigado é muito pouco. Às vezes uma simples palavra, ou um pequeno gesto, representa uma grande força. As palavras, a dedicação e o carinho que recebi, durante o desenvolvimento desta dissertação, foram de fundamental importância para seu sucesso. Gostaria de agradecer:

À **Viçosa**, **Universidade Federal de Viçosa** (UFV), **Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola**, **Departamento de Engenharia Agrícola** (DEA-UFV), **Departamento de Economia Rural** (DER-UFV), **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico** (CNPq), **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais de Janaúba** (EPAMIG), **Associação dos Bananicultores do Norte de Minas** (ABANORTE), **Fazenda Bananeiras**, **5º Distrito de Meteorologia** (DISME), **Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda**. (CIENTEC), cuja contribuição foi fundamental a esta dissertação. Muito obrigado.

À minha mãe, **Aurelina da Costa Atayde Boaretti**, pela sua dedicação, e que foi e será sempre de fundamental importância para meu bem-estar.

A meu pai, **José Boaretti**, que sempre me apoiou em todos os meus projetos, trazendo sua sabedoria.

A meu irmão, **Wagner Atayde Boaretti**, que indiretamente me incentivou a triunfar em meus estudos.

À **Maria José da Silva**, que é atenção e simpatia em pessoa. Foi perfeita em nossos momentos. Atitudes pelas quais tenho o maior respeito e jamais esquecerei.

A **Luiz Cláudio Costa**, **Everardo Chartuni Mantovani**, **Francisco Armando da Costa**, **Aziz Galvão da Silva Júnior**, que foram os meus mestres na arte de fazer uma dissertação e tornaram-se meus grandes amigos durante essa trajetória.

A **Antônio Alves Soares**, **Gilberto Chohaku Sediyama**, **Viviani Silva Lírio**, que foram os membros da banca examinadora.

A **Aluízio Borém de Oliveira**, **Caetano Marciano de Souza**, **Geraldo José da Silva Santana**, **João Carlos Cardoso Galvão**, **João Eustáquio de Lima**, **Irene Maria Cardoso**, **Maria Conceição Ianino**, **Marília Fernandes Maciel Gomes**, **Paulo Geraldo Berger**, respeitados profissionais da área, que foram meus grandes mestres durante o curso na Universidade Federal de Viçosa.

A **Aristides Ribeiro**, **José Maria Nogueira da Costa**, **Marcos Heil Costa**, **Sergio Zolnier**, professores do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola.

A **Haroldo Carlos Fernandes**, aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, **Edna Maria Soares**, **Evaristo Luciano Rosa**, **Fátima Apolônia da Natividade**, **Francisco Carlos Alves Neto**, **Joel de Freitas Gomide**, **José Galinarí Sobrinho**, **Jurandir Batista**, **Juvercino José da Costa**, **Marcos da Silva Magalhães**, **Maria José da Cruz da Silva**, **Sônia Regina Pereira dos Santos**, e aos funcionários da Pró-Reitoria de Assuntos Comunitários, **Fernanda das Graças Martins Silva**, **José Ciríaco dos Santos Gonçalves**, **Valéria Maria Vitarelli de Queiroz**.

A **Agnaldo Alves dos Santos**, **Alexandre Rosa dos Santos**, **Anderson Francisco da Silva**, **Bergson Cavalcanti de Moraes**, **Dalmácio Espíndula Neto**, **Dayan Diniz de Carvalho**, **Gustavo Bastos Lyra**, **José Danilo da Costa Souza Filho**, **José Luís Cabral da Silva Júnior**, **Marcos Oliveira Santana**, **Meire Lúcia Caldeira Berbet**, **Paulo Márcio Freitas, Rosandro Boligon Minuzzi**, **Silvia Monteiro dos Santos**, alunos do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola.

A **Conceição Teixeira da Silva e Américo José da Silva**, **Cristina Mendes de Freitas e Valdir Mendes de Freitas**, **Ednéia Lúcia Pereira e Júlio César Tristão, Geralda Eunice Ramos Fernades e Maurício Brás Fernandes**, **Julieta Freitas Arruda e José Brás Fernandes**, **Neiva Maria Mendes Machado e Alvimar Jesus Patoria Machado**, **Maria do Carmo Santana Silva e José Francisco da Silva**, **Maria do Rosário Silva Paes e Martinho Santana Paes**, **Maria Vitória da Silva Baltazar e José Soares Baltazar**, **Rita Maria Leite e Nilton Godolfredo Ladeira**, **Rita Noemi Mendes de Castro e Geraldo Santana de Castro**, **Rita Rodrigues Ramos e Hélio da Silva Ramos**, **Vera Lúcia Fernades Lehner e Alberto Walter Lehner**, famílias da sociedade viçosense que me acolheram e receberam, sempre de braços abertos.

À minha segunda mãe, **Adagmar Mendes**, pela confiança depositada em mim e pela amizade sincera, construíram um estímulo nesta jornada.

A meu amigo, **Gustavo Silva Teixeira**, pela convivência e respeito mútuo.

A **todos** que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

WASHINGTON ATAYDE BOARETTI, filho de José Boaretti e Aurelina da Costa Atayde Boaretti, nasceu em 20 de dezembro, em Presidente Venceslau - SP, em de 1972.

Formou-se em dezembro de 1991, pela ETAESG de Presidente Wenceslau, SP, recebendo a qualificação de Técnico em Agropecuária.

Graduou-se em dezembro de 1997, pela Universidade Federal de Viçosa, MG (UFV), recendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Foi bolsista de Iniciação Científica (CNPq/UFV), no período de agosto/95 a julho/96, nos projetos de Estimativa do Fator R (Fator Chuva) da Equação Universal de Perdas de Solos para a Região de Viçosa (MG) e do Estudo Agroclimático para Plantio de Milho Extemporâneo em Viçosa (MG).

Diplomou-se em novembro de 2001, pela Universidade Federal de Viçosa, MG (UFV), no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, recendo o título de “Magister Scientiae”.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O problema e sua importância	1
1.2. Hipótese	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo geral	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Cultura da banana	6
2.1.1. Introdução	6
2.1.2. Ciclo da banana	7
2.1.3. Ecologia da bananeira	7
2.1.3.1. Temperatura	7
2.1.3.2. Precipitação pluvial	8
2.1.3.3. Umidade relativa	10
2.1.3.4. Ventos	10
2.1.3.5. Luminosidade e insolação	11
2.1.3.6. Altitude	11

Página

2.1.4. Irrigação 12
2.2. Métodos tradicionais 14
2.3. Uso de modelos na agricultura 15
2.3.1. SISDA 18
2.4. Escassez de água e crise energética 19
2.4.1. Escassez de água 19
2.4.2. Crise energética 22
2.5. Análise econômico-financeira 26
2.5.1. Análise do custo de produção 27
2.5.1.1. Custo operacional efetivo 28
2.5.1.1.1. Mão-de-obra utilizada 28
2.5.1.1.2.Taxas 29
2.5.1.1.3. Custo de manutenção e reparo 29
2.5.1.2. Custo operacional total 29
2.5.1.2.1. Mão-de-obra familiar 31
2.5.1.2.2. Depreciação 31
2.5.1.2.2.1. Método do fundo de formação de capital 32
2.5.1.2.2.2. Vida útil 32
2.5.1.3. Custo total 33
2.5.1.3.1. Remuneração do capital circulante e do capital em equipamentos 34
2.5.2. Análise de índices econômico-financeiros 34

3. MATERIAL E MÉTODOS 36

3.1. Análise do custo de produção 43
3.1.1. Custo operacional efetivo para o sistema de irrigação 43
3.1.2. Custo operacional total para o sistema de irrigação 44
3.1.3. Custo total para o sistema de irrigação 46
3.2. Análise de índices econômico-financeiros 47
3.2.1. Renda bruta total 47
3.2.2. Renda líquida operacional 48
3.2.3. Renda líquida total 48
3.2.4. Índice de lucratividade 49

Página

3.2.5. Margem bruta 49
3.2.6. Ponto de nivelamento 50
3.3. Análise econômica e ambiental 51

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 55

4.1. Caracterização do DIG 55
4.1.1. Caracterizações gerais sobre os solos 55
4.1.2. Caracterização climática 55
4.2. Anos fiscal de 1998 e de 1999 57
4.2.1. Análise da precipitação e da evapotranspiração de referência 57
4.2.2. Análise do consumo de água 58
4.2.3. Análise do custo de produção e de índices econômico-financeiros 60
4.2.4. Análise econômica e ambiental 72

5. CONCLUSÕES 78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 80
ANEXO 90

LISTA DE TABELAS

		Página
1 -	Método simplificado para determinação dos custos de manutenção e reparo dos componentes do sistema de irrigação	30
2 -	Vida útil dos componentes do sistema de irrigação	33
3 -	Dados da Estação Climatológica de Janaúba (MG) sendo composta por: temperatura máxima (Tmax, ^{o}C), temperatura mínima (Tmin, ^{o}C), temperatura média (Tmed[1], ^{o}C), umidade relativa (UR, %), velocidade do vento (Vv, m/s), precipitação (Prec, mm) e insolação (Ins, h)	56
4 -	Valor de lâmina da irrigação realizada pelo produtor rural (IR) e lâmina da irrigação realizada na simulação pelo SISDA (IS), para cada um dos cenários estudados, valor mensal e total em mm, no sistema de irrigação para os anos de 1998 e 1999	59
5 -	Componentes do sistema de irrigação adotado pelo empresário agrícola com seu respectivo custo inicial (Ci, R$), custo final (Cf, R$), vida útil (anos) e manutenção (%)	61
6 -	Valor do custo total com água para o sistema real e o simulado pelo SISDA, para cada um dos cenários estudados, valor mensal e total em R$, no sistema de irrigação para os anos de 1998 e 1999	62
7 -	Valor do custo total com energia elétrica para o sistema real e o simulado pelo SISDA, para cada um dos cenários estudados, valor mensal e total em R$, no sistema de irrigação para os anos de 1998 e 1999	64

Página

8 - Preço de 1 kwh de energia elétrica, no horário com desconto (R$/kwh) e no horário sem desconto (R$/kwh), nos anos de 1998 e 1999 65

9 - Rentabilidade mensal da caderneta de poupança (j_{CP}, %), com aplicação no Banco do Brasil S.A. (BB) e data-base no dia primeiro, nos anos de 1998 e 1999 66

10 - Estimativa dos custos de produção e de índices econômico-financeiros para o sistema de irrigação utilizado pelo empresário agrícola, de acordo com a situação real[1] e a de simulação[2] (Cen. 1, Cen. 2, Cen. 3, Cen. 4, Cen. 5, Cen. 6, Cen. 7, Cen. 8 e Cen. 9), para os anos de 1998 e 1999 67

11 - Rentabilidade de utilização do fator água e energia elétrica em R$/mês ou R$/ano, para os anos de 1998 e 1999 73

12 - Porcentagem de rentabilidade da utilização do fator água e energia elétrica em relação ao custo total de produção do sistema real (%/mês ou %/ano) e às despesas reais com o custo total de água e energia elétrica (%/mês ou %/ano), para os anos de 1998 e 1999 74

13 - Tarifa de consumo de energia elétrica (R$/MWh) para área residencial de baixa renda com o consumo mensal de 31 a 100 kwh, nos anos de 1998 e 1999 76

14 - Economia ambiental do recurso água e energia elétrica em fam./mês ou fam./ano, devido à utilização do programa SISDA, para os anos de 1998 e 1999 77

LISTA DE FIGURAS

Página

1 - Valor mensal da precipitação pluvial (Prec, mm) e da evapotranspiração de referência (ETo, mm) ao longo dos anos de 1998 e 1999 57

RESUMO

BOARETTI, Washington Atayde, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2001. **Comparação entre os métodos tradicionais de manejo de irrigação e o SISDA: um estudo de caso considerando os aspectos econômicos e ambientais para cultura da banana no Distrito de Irrigação do Gorutuba - MG**. Orientador: Luiz Cláudio Costa. Conselheiros: Everardo Chartuni Mantovani e Aziz Galvão da Silva Júnior.

Objetivando avaliar os diferentes métodos de manejo de água na irrigação, um estudo de caso foi realizado no Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG), localizado nos municípios de Janaúba e Nova Porterinha, ao norte de Minas Gerais. O trabalho teve como objetivo comparar, quantitativamente, os resultados obtidos pelos métodos tradicionais, utilizados no manejo de água para irrigação da cultura da banana: tensiômetro e tanque Classe A, com os resultados simulados pelo SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), relativamente aos aspectos econômicos e ambientais. O estudo de caso foi realizado nos anos de 1998 e 1999, numa área de 15,7 ha cultivada com banana, sendo irrigada por microaspersão. Os resultados mostram que a utilização do SISDA, refletiu-se nos indicadores econômicos e financeiros, proporcionando redução nos custos médios e custos totais e, em decorrência, o aumento da lucratividade, desde que as variáveis econômico-sociais permanecem constantes. Observa-se que a economia gerada para o fator água poderia ser 9,8% a 49,4%, e 7,5% a 38,5% para o fator energia elétrica. Este aspecto reforça a tese de que o modelo SISDA contribui para a racionalização dos recursos produtivos dos sistemas de irrigação, elevando a eficiência

econômica do processo produtivo. Além disso, a utilização do SISDA poderia levar à economia do recurso água, o qual seria suficiente para atender às necessidades de, aproximadamente, 1.619 a 7.481 famílias, e 27 a 247 famílias relativamente ao recurso energia elétrica. Portanto, o emprego do SISDA permitiu atingir o objetivo principal, ou seja, o manejo racional do uso de água e de energia elétrica na irrigação, maximizando os resultados da análise econômico-financeira e a economia ambiental.

ABSTRACT

BOARETTI, Washington Atayde, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2001. **Comparison between the traditional methods of irrigation management and SISDA: a case study considering the economic and environmental aspects for banana crop in the Distrito de Irrigação de Gorutuba - MG**. Adviser: Luiz Cláudio Costa. Committee members: Aziz Galvão da Silva Júnior and Everardo Chartuni Mantovani.

Aiming at the evaluation of the different methods for water management in irrigation, a case study was carried out in the Distrito de Irrigação de Gorutuba (DIG), located in Janaúba and Nova Porterinha counties on northern Minas Gerais. The general objective was to quantitatively compare the results obtained by the traditional methods used in irrigation water management in banana crop, that is, the tensiometer and the Class A tank, to the results simulated by SISDA (Agricultural Decision Support System), relative to the economic and environmental aspects. The case study was conducted for the years 1998 and 1999 in an agricultural property, with a 15.7 ha-cultivated area which was applied the microsprinkling irrigation. The results show that the use of SISDA provided a reduction in the average costs and total costs due to increase in profitability, since the economic-social variables remain constant. It is observed that the economy generated by water factor could be 9.8% to

49.4% and 7.5% to 38.5% for the electric energy factor. This aspect reinforces the thesis that the SISDA model contributes for rationalization in productive resources of the irrigation systems, by elevating the economic efficiency of the productive process. In addition, the use of SISDA could lead to the economy of the water resource enough to satisfying the needs of approximately 1,619 to 7,481 families, and 27 to 247 families relatively to electric energy resource. Therefore, the use of SISDA allowed to reaching the main objective, that is, the rational management of the uses of the water and electric energy in irrigation, so maximizing the economic-financial analysis and the environmental economy.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e sua importância

A expansão da agricultura irrigada, um fenômeno observado em diversas partes do mundo, tem ocorrido de forma proeminente também no Brasil. Atualmente, apesar da irrigação ser utilizada em apenas 5% da área agrícola brasileira, seu uso é responsável por 16% do total produzido e 35% dos recursos gerados pela agricultura. Além do aumento em produtividade, esta técnica possibilita ganho na qualidade do produto (SANTOS, 1998).

Apesar dos grandes benefícios advindos da irrigação na agricultura, dois aspectos devem ser considerados na implementação de uma agricultura irrigada de qualidade: o aspecto econômico e o aspecto ambiental.

Quanto ao aspecto econômico, a irrigação exige alto investimento inicial em obras de terraplenagem e aquisição de equipamentos para captação, transporte, controle e distribuição de água. Além disso, são necessários dispêndios significativos com energia elétrica, água, mão-de-obra, manutenção e reparo dos equipamentos e da infra-estrutura utilizados na operação do sistema de irrigação (AZEVEDO, 1983; SAMPATH, 1992).

No que se refere ao aspecto ambiental, a agricultura irrigada é a atividade que demanda o maior uso consuntivo da água. No Brasil, estima-se que a demanda por água na irrigação seja superior a 60% do total de água utilizado por todos os setores da sociedade. Assim sendo, todas as atividades relacionadas ao manejo dos recursos hídricos devem considerar a irrigação como um componente fundamental (PEREIRA JÚNIOR, 1998).

A expansão na utilização da irrigação, no Brasil, vem ocorrendo sob duas formas principais, isto é, através de agricultores individuais ou grupos de

agricultores via cooperativas e, ou através de projetos financiados e desenvolvidos pelo governo, os chamados pólos de irrigação. Nos últimos anos, observa-se um acentuado desenvolvimento dos distritos de irrigação implementados pelo Governo em diferentes partes do País. Estudos realizados por QUEIROZ et al. (1990) sobre a caracterização e hierarquização dos 14 pólos de irrigação da Região Nordeste brasileira, evidenciou o pólo do Norte de Minas Gerais como sendo um dos mais importantes, de acordo com a ponderação de 25 indicadores. Tais indicadores levaram em conta as variáveis econômicas, demográficas e sociais, infra-estrutura de apoio, oferta de matéria-prima e o elemento industrial.

Dentre os pólos de irrigação que estão em operação no Norte do Estado de Minas Gerais, destaca-se o Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG), que é um projeto público de irrigação, situado às margens do rio Gorutuba, nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha, implantado pelo governo federal por meio da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), em operação desde 1980. Atualmente, o DIG é o principal pólo produtor de banana do cv. "prata", com estimativa de produção de 120.000 t/ano, participando com 22% no mercado deste cultivar no Brasil (COMPANHIA...-CODEVASF, 1998). Por outro lado, esta cultura tem uma movimentação financeira em torno de 72 milhões de reais por ano, gerando mais de 10.000 empregos diretos e indiretos (PAIVA, 1999).

Com uma área total de 7.064 ha, o DIG conta com 390 pequenos irrigantes e 44 médios empresários, em áreas irrigáveis de 2.529 ha e 2.290 ha, respectivamente. Os lotes dos pequenos irrigantes possuem área média de 5 ha irrigáveis, sendo o acesso ao lote por seleção, e os lotes empresariais com áreas acima de 20 ha irrigáveis, sendo o acesso à terra por edital. Os sistemas de irrigação utilizados no referido distrito são: sulcos (2.886 ha), microaspersão (1.191 ha), aspersão convencional (547 ha) e gotejamento (195 ha). No ano de 1998, a captação de água atingiu 66.647.001 m^3, com um volume fornecido de 17.434.000 m^3 para os pequenos irrigantes e de 17.986.000 m^3 para os empresários (COMPANHIA...-CODEVASF, 1998).

O DIG faz parte do chamado "polígono da seca" e caracteriza-se por apresentar baixos índices pluviais e desuniformidade na distribuição de chuvas, durante o ano, sendo a água superficial escassa e limitante. Assim, a competição pelo uso de água entre a irrigação e os demais setores da

sociedade, como o consumo doméstico, animal e industrial é um fator fundamental para o bem-estar social, ambiental e econômico da região. Na realidade, o DIG retrata o que acontece com a maioria dos pólos de irrigação no Brasil, que necessitam do manejo racional do uso de água na irrigação a fim de evitar conflitos entre os múltiplos usuários, na área de sua abrangência.

O manejo eficiente da irrigação, em um pólo de irrigação, deve contemplar dois aspectos básicos:

- Planejamento do uso de água; e
- Manejo de água na irrigação.

Na fase de planejamento do uso de água, devem ser considerados, inicialmente, os custos econômicos e ambientais necessários para que o pólo atenda aos objetivos propostos.

Uma vez executado o planejamento do uso de água, é necessário considerar o manejo de água na irrigação, ou seja, o monitoramento dia-a-dia das atividades dos irrigantes assentados no pólo. Tal procedimento tem como objetivo otimizar o uso de água na agricultura. Assim, na fase de manejo de água na irrigação, é necessário considerar os aspectos que envolvem o sistema solo-planta-atmosfera.

A necessidade de água da cultura é um dado básico para o manejo de água na irrigação. Este parâmetro é definido pela quantidade de água requerida para suprir as perdas ocasionadas pela transpiração da cultura e evaporação no solo; ou seja, é um fator que depende das características da cultura, do solo e do tempo, na região em questão.

Vários métodos, do mais simples aos mais sofisticados, podem ser utilizados no manejo de água na irrigação. Especificamente no DIG, dois métodos vêm sendo tradicionalmente utilizados para a cultura da banana, que é a principal cultura do distrito, ou seja:

- Método da tensão de água no solo, utilizando o tensiômetro e
- Método do tanque Classe A.

Tais métodos podem ser considerados tradicionais para o manejo de água na irrigação, e vêm sendo utilizados há vários anos em diversas partes do País e do mundo. Diversos estudos realizados têm demonstrado, ao longo dos anos, as principais limitações destes métodos (DOORENBOS e PRUITT, 1977; JENSEN, 1990; BERNARDO, 1996; PEREIRA et al., 1997).

O reconhecimento da complexidade envolvida no manejo de água na irrigação e o tratamento cada vez mais sofisticado, que vem sendo dado às variáveis envolvidas no sistema solo-planta-atmosfera, têm ocasionado, nos últimos anos, uma tendência à mudança nos métodos utilizados no manejo de água na irrigação. Assim, tem-se observado uma convergência crescente da utilização de modelos agrometeorológicos, na determinação das relações água-solo-planta-atmosfera (COSTA, 1997). Com a crescente utilização da informática na agricultura, múltiplos modelos vêm sendo desenvolvidos e utilizados no sentido de facilitar as atividades operacionais no manejo de água na irrigação.

O nível de complexidade de um modelo específico depende de seus objetivos Desse modo, todo modelo possui suas capacidades e limitações (BOOTE et al., 1998). O Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (SISDA), que é um modelo desenvolvido dentro da realidade da agricultura brasileira, vem sendo utilizado e testado em diversas áreas (BORGES, 1999). O SISDA é um modelo biofísico que considera as relações água-solo-planta-atmosfera, não tendo como primeiro objetivo a análise econômica e ambiental da irrigação, não sendo esta, portanto, uma variável de estado do SISDA, ou seja, um de seus resultados de saída.

No entanto, o modo pelos quais os resultados são apresentados pelo SISDA permite que seja a eles vinculada a análise econômica e ambiental, permitindo a análise dos eventuais resultados, obtidos com a utilização do modelo. Tal análise tem como principal objetivo auxiliar o empresário agrícola na tomada de decisão quanto ao manejo de água na irrigação (LEITE et al., 1996; BERNARDO, 1997).

A análise econômica da irrigação tem sido comprovada, através de vários estudos, como sendo de fundamental importância para subsidiar o agricultor na formação do seu processo de decisão. STEWART e HAGAN (1973) e HARRIS e MAPP JÚNIOR (1998) desenvolveram estudos sobre a eficiência econômica da irrigação, com o principal objetivo de maximizar o lucro.

Dentro deste conceito, o termo custo, para fins de análise econômica, significa o valor gasto no processo produtivo e baseia-se na teoria da produção (HOFFMANN et al., 1987; LEFTWICH, 1994). Os custos situam-se no âmago

de muitas decisões empresariais, pois, eles influenciam o preço final do produto (SAMUELSON e NORDHAUS, 1993).

Assim, o presente trabalho tem como principal objetivo a incorporação da análise econômica e ambiental aos métodos de manejo de água na irrigação, visando comparar os métodos tradicionais (tensiômetro e tanque Classe A), utilizados no DIG, com o modelo SISDA. Assim sendo, os resultados deste trabalho servirão como subsídio na tomada de decisão do setor agrícola.

1.2. Hipótese

- A utilização do SISDA no manejo de água na irrigação permite a maximização dos resultados das análises econômico-financeira e econômico-ambiental, em relação aos métodos tradicionais (tensiômetro e tanque Classe A).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

- Comparar quantitativamente, quanto aos aspectos econômicos e ambientais, os métodos tradicionais de manejo de água na irrigação (tensiômetro e tanque Classe A), utilizados no DIG, com o SISDA.

1.3.2. Objetivos específicos

- Quantificar, comparar e analisar o consumo de água aplicada na cultura da banana, utilizando-se os métodos tradicionais de manejo de água na irrigação (tensiômetro e tanque Classe A) e o SISDA; e
- Quantificar, comparar e analisar o consumo de energia elétrica utilizada pelo sistema de irrigação, na cultura da banana, utilizando os métodos tradicionais de manejo de água na irrigação (tensiômetro e tanque Classe A) e o SISDA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura da banana

2.1.1. Introdução

A banana *(Musa spp.)* é uma planta perene cujo ciclo vegetativo desenvolve-se num ritmo contínuo e acelerado, sendo seu cultivo concentrado entre as latitudes de 25°N e 25°S (INSTITUTO...-ITAL, 1990).

O Brasil, além de ter um grande mercado consumidor, vem disputando com a Índia a posição de maior produtor mundial. No período de 1995 a 1999, a produção de bananas no Brasil foi 6 milhões de toneladas, sendo cultivada em 520 mil hectares, para uma produção mundial de aproximadamente 57 milhões de toneladas e área cultivada de 4 milhões de hectares (FOOD...-FAO, 2000). A produção nacional está distribuída por todo o território, sendo que o estado de Minas Gerais apresentou, em 1997, uma área cultivada de 38.014 ha, atingindo uma produção de 42.382 cachos, e rendimento de 1.115 cachos/ha (Levantamento..., 1998).

Considerando as características da bananeira, como a possibilidade de produzir o ano todo, grande rendimento por área, facilidade de manejo do fruto verde e alto valor nutritivo do fruto, bem como a melhoria dos índices econômicos e sociais da população brasileira e a realização de novas pesquisas no setor tecnológico, visando ao maior aproveitamento industrial da banana, conclui-se que, nos próximos anos, deve ocorrer um provável aumento na produção e consumo de bananas.

2.1.2. Ciclo da banana

Em razão de emitir sempre novos rebentos, o bananal, apesar de permanente na área, tem como característica o fato de as plantas se renovarem (FAHL, 1998).

O ciclo vegetativo da bananeira é o intervalo de tempo compreendido entre o aparecimento do rebento (ou perfilho), na superfície do solo, e a colheita da produção. O ciclo de produção é o intervalo de tempo decorrente entre a colheita de um cacho de uma bananeira e a colheita do cacho de seu "filho".

O conhecimento do número de folhas emitidas, mensalmente, pela bananeira é importante sob vários aspectos, principalmente no que diz respeito a seu desenvolvimento. BARKER (1969) relata que plantas já definidas mantêm um lançamento mensal de 3 a 4 folhas.

Tanto um ciclo quanto o outro é afetado por fatores edafoclimáticos e técnicas culturais, além da idade do próprio bananal e do cultivar. Outros fatores, que influem sobre a duração do ciclo, são a época de plantio e a densidade de plantio; no primeiro caso, influindo a precipitação pluvial, enquanto no segundo pode ser a luminosidade. Daí a necessidade de se tirar o melhor aproveitamento do clima local.

2.1.3. Ecologia da bananeira

2.1.3.1. Temperatura

Como outras espécies tropicais, a bananeira é uma planta estenotérmica que apresenta limites térmicos bastantes estreitos; mesmo em clima quente e úmido, é sensível às mudanças de temperatura (AUBERT, 1971).

A bananicultura tem seu desenvolvimento favorecido pela temperatura em torno de 25°C, sendo o limite geográfico mais propriamente definido em função da freqüência das noites frias (CHAMPION, 1953). GANRY e MEYER (1975) constataram que a temperatura de 26°C promove o crescimento máximo dos frutos. BRUNINI (1984), MOREIRA (1987) e INSTITUTO...-ITAL (1990) consideram, para exploração econômica da bananeira, os limites, entre 15°C a 35°C como sendo os mais favoráveis. Abaixo de 15°C, a atividade

fisiológica da bananeira é interrompida, e acima de 35°C seu desenvolvimento é inibido, principalmente devido à desidratação dos tecidos, especialmente dos tecidos foliares. Os efeitos das temperaturas são ainda tanto mais pronunciados quanto maior for a duração dessas temperaturas.

Temperaturas baixas durante o ciclo da bananeira, mesmo que não tragam problemas de queima das folhas ocasionada por geada, podem prejudicar o fruto em formação, provocando o "chilling", que torna o produto impróprio para comércio, especialmente para o mercado externo (AUBERT, 1971).

O "chilling" é uma pertubação fisiológica na bananeira, principalmente no fruto, ocasionado por baixas temperaturas. Nos frutos verdes, ele ocorre pelo fechamento dos estômatos da casca e coagulação do conteúdo das células lactíferas, particularmente no pericarpo dos frutos. As bananas afetadas têm o processo de maturação prejudicado, enquanto a intensidade do dano depende do número de horas com baixas temperaturas.

A geada causa a morte das folhas e bainhas da bananeira, porém sem matar propriamente a planta. As folhas mais novas são, em geral, as mais danificadas. Como a bananeira é altamente susceptível à geada, desaconselha-se o aproveitamento das áreas sujeitas regularmente a este fenômeno.

O clima no Norte de Minas Gerais, caracterizado como quente e seco, com temperatura média oscilando de 24,7 a 27,2°C, apresenta condições bastante favoráveis para o desenvolvimento da bananeira, quando cultivada sob irrigação. Nesta região, cujas temperaturas mínimas absolutas dificilmente atingem valores inferiores a 12°C, é possível produzir frutos com qualidade superior durante todos os meses do ano, devido à ausência do "chilling".

Além de seus efeitos sobre o desenvolvimento e qualidade dos frutos da bananeira, a temperatura é ainda muito importante porque várias moléstias e pragas que atacam a bananeira desenvolvem-se em função deste fator (INSTITUTO...-ITAL, 1990).

2.1.3.2. Precipitação pluvial

É o regime da distribuição de chuvas que condiciona, em grande parte, o desenvolvimento da bananeira. A deficiência de água é muito prejudicial à

cultura da banana, particularmente quando ocorre na fase de diferenciação floral, ou no início da frutificação. Quando a deficiência de água é severa, a inflorescência nem mesmo chega a se expandir do pseudocaule e ganhar o exterior (obstrução foliar). Em condições menos críticas, os entrenós do cacho são mais curtos, o que provoca a compressão das "mãos" uma contra outra, dando ao cacho um aspecto deformado; conseqüentemente, o cacho perderá seu valor comercial (CHAMPION, 1975; MOREIRA, 1987; INSTITUTO...-ITAL, 1990).

As maiores produções da cultura ocorrem na ausência de deficiência de água. Quando a deficiência anual de água é superior a 80 mm, a cultura não desenvolve de maneira satisfatória e, conseqüentemente, a produção e a qualidade do fruto são afetadas (BRUNINI, 1984).

Segundo STOVER e SIMMONDS (1987), a precipitação efetiva ideal para a cultura da bananeira é 100 mm/mês. Com base neste raciocínio, a precipitação efetiva anual seria de 1.200 mm. Em conseqüência, os meses com menos de 100 mm/mês deveriam receber irrigação suplementar para atingir este valor. Abaixo de 1.200 mm/ano de precipitação efetiva, o clima é considerado marginal; assim, a bananeira desenvolve e frutifica somente se o clone plantado for tolerante ou resistente à seca, ou se houver irrigação.

O consumo de água pela bananeira é elevado e constante, em função de sua morfologia e da hidratação de seus tecidos. A quantidade necessária de água para a bananeira, em uma determinada região, depende das condições climáticas, das características do solo, do cultivar e dos estádios do seu desenvolvimento. Por estas interferências, é atribuído à bananeira um consumo anual de água variando de 1.000 a 3.100 mm (MARINATO, 1980; LIMA e MEIRELLES, 1986).

O excesso de precipitação pluvial também pode ser prejudicial, exigindo, portanto, a drenagem do terreno e o controle da erosão.

Observa-se que a maioria dos pólos produtores de banana, no Brasil, apresenta déficit de água. Conseqüentemente, as áreas preferenciais para implementação da bananicultura são consideravelmente reduzidas, quando se analisa a disponibilidade de água. Somente algumas zonas das regiões Sul e Norte não apresentam restrições a este fator. Todavia, as áreas da região Sul, com deficiência hídrica igual a zero, estão geralmente associadas à baixa temperatura no inverno.

Embora sejam regiões de características semi-áridas, o vale do rio São Francisco e o Norte de Minas Gerais possuem alto índice de produção da bananeira, graças à fertilização e à irrigação suplementar (LIMA e MEIRELLES, 1986).

2.1.3.3. Umidade relativa

A umidade relativa do ar influencia o desenvolvimento da bananeira. A bananeira é característica de regiões tropicais úmidas, onde a umidade relativa média situa-se acima de 80%. A umidade relativa alta acelera a emissão das folhas e favorece a emissão da inflorescência. Mas, por outro lado, favorece a ocorrência da *cercosporiose* e outras moléstias (MOREIRA, 1987; INSTITUTO...-ITAL, 1990).

Sob condições de umidade relativa baixa, as folhas tornam-se mais coriáceas, possuindo vida útil reduzida.

2.1.3.4. Ventos

Embora o vento não constitui um elemento do clima, ele é importante para a bananicultura, devido ao fato de ocasionar transpiração excessiva e déficit de água nos limbos foliares (desidratação por evaporação). Segundo MOREIRA (1987), os ventos devem ser uma preocupação comum a todos os produtores de banana, já que os prejuízos ocasionados pelos ventos podem ser maiores que os causados pelo *Singatoka* não controlado.

SOTO BALLESTERO (1992) reportou que, na bananicultura, as perdas ocasionadas pelos ventos podem ser estimadas entre 20 a 30% da produção total.

Os ventos ainda podem causar, conforme sua velocidade, desde pequenos estragos como o fendilhamento ou maceração dos limbos foliares até a quebra do pseudocaule, ou tombamento das plantas, principalmente quando ostentem cachos. Ventos acima de 40 km/h são os maiores causadores de perdas na produção de banana, em cultivares de porte alto e, acima de 70 km/h, em cultivares de porte baixo (STOVER e SIMMONDS, 1987).

2.1.3.5. Luminosidade e insolação

A bananeira requer luminosidade para manter seu ritmo normal de crescimento e desenvolvimento; quando for excessiva, a luminosidade provoca queimaduras com maior freqüência nas curvaturas dos escapos florais e nos frutos, os quais podem necrosar. Por causa da insolação, os cachos recém-colhidos devem ser mantidos à sombra ou fora da ação direta da radiação solar.

Na deficiência de luminosidade, a bananeira interrompe seu contínuo desenvolvimento e não sofre diferenciação floral, alongando o ciclo vegetativo. Por esta razão, qualquer sombreamento, artificial ou natural (cerração, tempo chuvoso prolongado), prejudica o desenvolvimento normal da bananeira (MOREIRA, 1987 e INSTITUTO...-ITAL, 1990).

O ciclo vegetativo da bananeira pode estender-se por 8,5 meses, no caso de cultivos bem expostos à luz, e por 14 meses no caso de cultivos que crescem na penumbra. O mesmo efeito da luminosidade altera a duração do período de desenvolvimento do fruto. O período para que o cacho atinja o ponto comercial é 80 a 90 dias após sua emissão, para regiões de alta luminosidade; sob luminosidade intermediária, a colheita ocorre entre 90 a 100 dias a partir da emissão do cacho (SOTO BALESTERO, 1992).

No Nordeste do Brasil, é notório o efeito da luminosidade sobre a diminuição dos ciclos vegetativo e produtivo da bananeira; conseqüentemente, provocando aumento na produção de bananas por ano.

2.1.3.6. Altitude

Constitui um elemento do clima, que exerce grande influência sobre o desenvolvimento, a produção e a duração do ciclo da bananeira, atuando de maneira indireta, principalmente sobre a temperatura e insolação (SOTO BALLESTERO, 1992).

Os rendimentos da bananeira reduzem com a elevação da altitude, já que o ciclo vegetativo é prolongado. Na região produtora da Colômbia, o peso médio do cacho do cv. “Dominico” passou de 35 kg para 10 kg com o aumento da altitude de 20 para 1.990 m, enquanto o ciclo vegetativo alterou de 10 para 24 meses (BELALCÁZAR CARJAVAL, 1991).

2.1.4. Irrigação

O desenvolvimento e a produtividade da bananeira, quando em condição de déficit ou excesso de água, é muito prejudicado. Portanto, o manejo de água na irrigação é de fundamental importância para se obter sucesso no empreendimento agrícola.

GHAVAMI (1976) demonstrou que ocorre um forte declínio na produção da bananeira, quando existe a elevação do lençol freático ao nível de suas raízes. Nessas condições, o sistema radicular tem seu desenvolvimento afetado.

As raízes da bananeira são pouco ramificadas, podendo-se considerar duas classes distintas: raízes de sustentação, que crescem verticalmente, atingindo 150 cm ou mais de profundidade, e as raízes de alimentação ou superficiais, que crescem nos primeiros 30 a 40 cm do solo. Em geral, 100% da água é absorvida na profundidade de 50 a 80 cm do solo; sendo 60% nos primeiros 30 cm do solo (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

AUBERT (1968) afirma que as reservas de água da bananeira são mínimas. Portanto, a bananeira exige grande quantidade de água para reposição de suas reservas, visto que as perdas por evapotranspiração podem variar de 30 a 60 m^3/ha/dia.

O consumo de água da bananeira aumenta durante o período de floração, devido ao aumento da atividade fisiológica. Quando há déficit de água, ocorre o fechamento dos estômatos durante o dia, diminuindo a atividade fotossintética e, em conseqüência, há o retardamento na emissão das folhas, no desenvolvimento da inflorescência e dessecamento das folhas mais velhas (CAMPOS, 1982).

O desenvolvimento normal desta cultura supõe, então, uma precipitação pluvial abundante e bem distribuída, condição esta dificilmente encontrada. Por isso, a irrigação vem sendo empregada em diversos países produtores de banana, com a finalidade de suprir as deficiências de água.

TROCHOULIAS e CHARKER (1975) recomendam que, para determinar a freqüência do uso de irrigação, deve-se levar em conta a precipitação pluvial e as perdas ocasionadas pela evapotranspiração.

Para a região Nordeste semi-árida, conforme BARRETO et al. (1983), a quantidade de água recomendada, utilizando-se a irrigação por sulcos ou bacia em nível, varia de 120 (inverno) a 150 mm/mês (verão).

No Norte de Minas Gerais, trabalhos experimentais desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) recomendam a aplicação de 100 mm/mês durante os meses secos do ano (abril a setembro). No período chuvoso (outubro a março), deve-se fazer a irrigação suplementar. Nos casos de "veranico", comprovou-se a necessidade de 120 mm/mês (MARINATO, 1980).

Outros trabalhos conduzidos pela EPAMIG, no período de 1979 a 1983, em Gorutuba, onde foram estudados os níveis de reposição de água quando o solo perdia 20, 40, 60 e 80% da sua capacidade total de água (CTA), mostraram que o consumo de água da bananeira aumentou, após o primeiro cacho, e que os melhores resultados de peso médio dos cachos foram conseguidos quando o solo perdia, no máximo, 60% da CTA. As melhores produtividades foram obtidas, quando o solo perdia 40% da CTA. Observou-se ainda que, a partir da planta-filha (2º cacho), com a incorporação dos restos culturais entre as fileiras de plantas, a retenção de água no solo aumentou, aumentando também o intervalo entre irrigações. Nessas condições a produtividade da bananeira, cv. "Nanica", foi de 50, 82, 58 t/ha, respectivamente para o 1º, 2º e 3º cacho. (MARCIAI-BENDEZÚ et al., 1985).

Na prática, a quantidade de água necessária para bananeira, em uma determinada região, vai depender do solo, da espécie cultivada, do desenvolvimento da planta, do sistema de irrigação e da eficiência de aplicação.

De acordo com a qualidade da água de irrigação, as bananeiras são classificadas no grupo das plantas glicófitas, sendo, portanto, sensíveis à salinidade. Para seu ótimo desenvolvimento vegetativo e obtenção de excelente produtividade, a bananeira requer valores de condutividade elétrica (CE) da água de irrigação não superiores a 1 dS/m (DOORENBOS e KASSAM, 1979; ISRAELI e NAMERI, 1982).

2.2. Métodos tradicionais

O tensiômetro e o tanque Classe A são métodos utilizados no manejo de água na irrigação e podem ser denominados tradicionais para este tipo de manejo. Sendo que, estes métodos apresentam limitações, em termos de amostragem e representatividade da área para o tensiômetro e de manejo intensivo do uso da irrigação para o tanque Classe A.

O tensiômetro é um instrumento utilizado para medir a tensão da água no solo, o que consiste na determinação indireta da quantidade de água retida por esse solo nas condições existentes. É constituído por uma cápsula cerâmica porosa e permeável conectada a um manômetro de mercúrio ou vacuômetro, através de tubo de PVC, preenchida com água e totalmente vedada através de uma tampa hermética em sua extremidade. A cápsula porosa é instalada na profundidade desejada, conforme as características do sistema radicular das culturas a serem conduzidas. Assim, o sistema considerado para o manejo da irrigação é função do solo (DOORENBOS e PRUITT, 1977; BERNARDO, 1996; PEREIRA et al., 1997).

Para melhor utilização do tensiômetro, alguns fatores devem ser considerados, conforme descrito a seguir.

- Necessidade de determinação da curva de retenção de água do solo que traduz, graficamente, a relação entre a umidade de um solo e o potencial matricial da água nele contida; a utilização desta curva é fundamental somente para o solo no qual ela foi determinada.
- A correta instalação dos tensiômetros, relativamente à sua quantidade e localização. Para que uma área seja caracterizada como unidade de irrigação, a tensão da água do solo deve ser medida, no mínimo, em 3 a 4 pontos representativos da área e a duas profundidades. Em geral, necessita-se de uma estação de tensiômetro para cada porção de área, com pedologia e topografia uniforme.
- As recomendações do fabricante dos tensiômetros, quanto à sua instalação e operação, devem ser rigorosamente observadas.
- Deve ser feito um esforço no sentido de conservar o equipamento em boas condições de operação e funcionamento.

O tanque classe A mede o efeito integrado da radiação, vento e umidade sobre a evaporação de uma superfície de água; de um modo análogo, a planta

responde às mesmas variáveis. Assim, o sistema considerado para o manejo da irrigação é função da cultura (DOORENBOS e PRUITT, 1977; JENSEN, 1990; BERNARDO, 1996; PEREIRA et al., 1997).

Consiste de um tanque cilíndrico, construído com chapa de ferro galvanizado n.º 22, com 1,21 m de diâmetro e 0,255 m de profundidade. O tanque deve ser pintado interna e externamente com tinta aluminizada, e instalado sobre um estrado de madeira a 0,15 m da superfície do solo, geralmente numa área gramada, quando pretende-se estimar a evapotranspiração.

O nível da água é medido num poço tranqüilizador de 0,25 m de altura e 0,10 m de diâmetro, em cuja borda assenta-se um parafuso micrométrico de gancho com capacidade para medir variações de 0,01 mm. Na base do tranqüilizador há um orifício, através do qual a água penetra, mantendo o mesmo nível fora do poço. Para evitar derramamento por ação do vento, o nível da água deve estar sempre entre 0,05 e 0,075 m abaixo da borda do tanque.

Desde os primeiros estudos sobre evaporação, observou-se que a taxa de evaporação depende fundamentalmente da área exposta do tanque, isto é, da superfície de água que interage com a atmosfera, ou seja, sua localização e o meio circundante têm influência nas medidas do tanque. Ficou também evidente que para se relacionar à evaporação do tanque com a evapotranspiração de referência, ETo, sugere-se que deve ser corrigida por um fator conhecido como coeficiente de tanque e representado na literatura atual por Kp.

Da mesma maneira que outros métodos de determinação da evapotranspiração, os efeitos das culturas sobre suas necessidades hídricas são caracterizados pelos coeficientes de cultivo (Kc).

2.3. Uso de modelos na agricultura

HEALTH e YOUNG (1992) e YOUNG e HEALTH (1993) fizeram revisão sobre o uso de programas computacionais na agricultura. Os autores classificaram esses programas em dois tipos principais: ferramentas e aplicativos.

Os programas tipo ferramenta são também denominados programas genéricos. Em sua maioria, tais programas são produtos comerciais, mas algumas universidades distribuem programas que, originalmente, foram feitos para uso institucional. As categorias de ferramentas são: programas gráficos e ferramentas de modelagem.

Os aplicativos são denominados programas específicos e necessitam ser classificados. A principal alternativa consiste em classificar esses programas de acordo com sua função principal, podendo ser classificados sob as seguintes categorias:

1)	Programas de avaliação	O que conheço sobre ...?
2)	Banco de dados	O que é ...?
3)	Programas de comunicação	Permitem o compartilhamento de ...?
4)	Modelos de simulação	O que acontece se ...?
5)	Análise de dados	Qual é o significado de ...?
6)	Programas de desenvolvimento	Como se faz o relacionamento de ...?
7)	Tutorial	Mostra o ensinamento sobre ...?

Estas categorias não são mutuamente exclusivas, podendo um único programa conter mais de uma categoria. Entretanto, o programa é classificado em uma categoria, de acordo com sua função principal.

Os modelos de simulação são também denominados de modelos de investigação e são baseados em linguagem de programação, tais como: Visual Basic e Delphi.

Os modelos de simulação, comumente classificados em função, principalmente, de sua arquitetura e a filosofia, são modelos empíricos e modelos mecanísticos. Modelos empíricos baseiam-se, simplesmente, na interação entre os elementos nele considerados, sendo uma mera descrição matemática-estatística dos dados. Modelos mecanísticos têm estrutura baseada na descrição do processo que ocorre no sistema real considerado, ou seja, existe a tentativa de considerar os princípios físicos e biológicos que ocorrem no sistema. Outras subdivisões de modelos abrangem os modelos determinísticos e modelos estocásticos. Modelos determinísticos são modelos nos quais as respostas, ou os resultados, são fornecidos sem nenhum grau de probabilidade. Normalmente, o determinismo da resposta é uma característica dos modelos mecanísticos. Modelos estocásticos são modelos que apresentam um grau de probabilidade associado à sua resposta, uma característica comum

aos modelos empíricos. Existem ainda os modelos dinâmicos, que consideram as variações temporais que ocorrem no sistema a ser rodado (COSTA, 1997).

O crescimento e a produção vegetal são influenciados pelos fatores abióticos e bióticos. Os fatores abióticos são a radiação, temperatura, água e nutrientes, enquanto os fatores bióticos são doenças, ervas daninhas e insetos. Estes fatores determinam o desenvolvimento do cultivo, podendo interagir de várias formas. Considerando habilidade do modelo em considerar os fatores bióticos e abióticos no crescimento e produção vegetal, dois grupos podem ser observados, isto é, modelos que incorporam fatores climáticos e modelos que consideram a dinâmica da adição de nutrientes.

A modelagem agrometeorológica tem como função interagir os fatores ambientais e culturais. Estes modelos baseiam-se em processos físicos, químicos e fisiológicos envolvidos nos processos de crescimento e desenvolvimento das culturas. Partindo-se de um nível razoável de conhecimento sobre o comportamento da cultura, é possível, através da utilização desses modelos, realizar simulações de resposta da cultura às variações ambientais.

O ideal é formular um modelo agrometeorológico suficientemente complexo, capaz de descrever as interações planta-ambiente, sem, no entanto, dificultar sua utilização prática (PEREIRA, 1987). Por outro lado, é preciso considerar que todo modelo é uma simplificação do sistema a ser estudado, não podendo, dessa forma, contemplar todas as variáveis existentes no problema considerado.

Os modelos de simulação podem ser utilizados no sentido de definir técnicas de planejamento e, ou manejo das práticas agrícolas mais apropriadas a culturas sob influência de determinadas condições ambientais (CHALLA, 1990, COSTA et al.,1997).

A utilização do modelo permite economia de tempo e o uso de recursos financeiros e humanos (HOOD et al., 1987). Apesar dos modelos de simulação já terem demonstrado sua importância, como instrumento de pesquisa, e seu potencial para aplicações no planejamento e manejo das práticas agrícolas, poucos estudos, principalmente no Brasil, têm sido desenvolvidos no sentido de avaliar seu uso como ferramenta auxiliar no manejo de água na irrigação (HILL et al., 1982 e JONES, 1991).

Os modelos de simulação para o manejo de água na irrigação podem ser divididos em três grupos:

a) Os que se baseiam unicamente no conhecimento sobre o estado hídrico do solo, ou seja, no manejo da água útil do solo e do nível de esgotamento permissível.
b) Os que se baseiam no conhecimento do estado hídrico da planta, seja de forma direta ou indireta; e
c) Os que se baseiam na análise do sistema solo-planta-atmosfera.

Tais modelos computacionais, que se baseiam na análise solo-planta-atmosfera, são dinâmicos e funcionais. Eles descrevem mudanças periódicas e consideram, embora de forma simplificada, os principais processos morfofisiológicos que ocorrem na cultura. Alguns exemplos de tais modelos são:

- CERES - Crop Environment Resource Synthesis (modelos de simulação dos processos fisiológicos) foram desenvolvidos pelo Grassland, Soil and Water Research Laboratory (INTERNATIONAL...-IBSNAT, 1989).
- SIMIS – Scheme Irrigation Management Information System (sistema de informação para o manejo de sistemas de irigação) foi desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) (VANDEN BULCKE et al., 1996).
- CropWat – Crop Water Requirements and Irrigation Scheduling (sistema de suporte à decisão, que determina o manejo de água na irrigação de acordo com as necessidades hídricas da cultura) foi desenvolvido pela FAO (CLARKE et al., 1998). e
- SISDA – Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (MANTOVANI et al., 1997).

2.3.1. SISDA

O manejo adequado de água na agricultura não pode ser considerado uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado. Deve considerar, também, o compromisso com a produtividade da cultura explorada e o uso eficiente de água, que contribui para conservação do meio ambiente.

Dentro deste contexto, o SISDA é um modelo voltado para o monitoramento do manejo de água na irrigação, que visa dar sustentabilidade à irrigação em áreas agrícolas, possibilitando o uso mais eficiente dos recursos operacionais utilizados na irrigação e otimizando o uso eficiente de água em lavouras irrigadas (CARDOSO et al., 1998).

O SISDA foi desenvolvido com base no princípio de que as atividades agrícolas devem ser analisadas de forma integrada, ou seja, o programa parte da pressuposição que o sistema produtivo é o resultado de uma complexa e contínua interação entre a planta e o ambiente. Dentro deste princípio, o modelo considera, em sua concepção, aspectos de agrometeorologia, irrigação, solos, fitotecnia e fitopatologia. Dessa forma, o SISDA oferece ao usuário uma visão detalhada do seu processo de produção, quanto aos aspectos físico-fisiológicos.

O SISDA tem como base o manejo e a simulação. No módulo manejo, objetiva-se à condução da cultura em tempo real, ou seja, considera-se uma cultura que está sendo explorada. O sistema orienta o usuário sobre quando e quanto irrigar, diminuindo as chances de perdas de recursos produtivos por aplicações desnecessárias. Na simulação, o usuário define as condições a serem simuladas, e o sistema gera uma base de dados correspondente ao consumo de água, déficit de água e duração do ciclo da cultura, que são de grande importância no planejamento das atividades agrícolas (COSTA et al., 1997).

O objetivo principal do SISDA é oferecer ao agricultor, extensionista, técnico, pesquisador, ou a qualquer pessoa envolvida nas atividades agrícolas, o ferramental técnico necessário ao seu processo de tomada de decisão, objetivando a otimização do uso de recursos envolvidos no processo de manejo da irrigação (MANTOVANI et al., 1997).

2.4. Escassez de água e crise energética

2.4.1. Escassez de água

A quantidade do fator água que o ser humano necessita a cada dia, é de 189 litros, segundo a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS). Esta

quantidade é suficiente para atender às necessidades de consumo, higiene e preparo dos alimentos.

Com a crescente demanda por água, ocasionada pelo aumento da população, estima-se que, nos próximos 25 anos, cerca de 1/3 da população mundial vai sofrer os efeitos da escassez do abastecimento de água, segundo estudo divulgado pelo Instituto de Gerenciamento da Água, um centro de pesquisas do Grupo Consultivo em Pesquisa Internacional da Agricultura. O trabalho projeta o suprimento e a demanda de água para 118 países, durante o período de 1990 a 2025. Sendo o primeiro a analisar o ciclo completo de uso e reuso de água, apontou, dentre as causas dessa redução, a deterioração das zonas úmidas, uma das mais importantes fontes de água doce. Uma das causas de redução das zonas úmidas foi a transformação dos pântanos, das áreas de marinha, dos banhados, dos lagos e das zonas de inundação dos rios em locais para aproveitamento agrícola, para moradia ou instalação de indústrias, resultando um prejuízo e alteração na paisagem e funcionamento dos ecossistemas. Uma das funções mais afetadas foi a retenção e o controle de inundações. A escassez do suprimento de água doce pode ser um fator de instabilidade, segundo os especialistas, causando fome induzida por seca, migração em grande escala e agitação política no mundo e dentro dos países, pelo fato de diferentes setores da economia estarem competindo pelo uso da água.

Outro aspecto preocupante é a distribuição desuniforme de água entre os continentes, os países e as regiões do mundo. A maior parte do recurso água concentra-se em regiões tropicais úmidas. Aproximadamente, 25% dos recursos mundiais de água doce localizam-se na América Latina, onde vivem somente 8% da população. Em contraste, a África tem 13% da população mundial, mas só 9% da água. Nos desertos áridos, a falta de chuva obriga as pessoas a fazerem uma escolha impossível: desviar a água para irrigar cultivos e incrementar a produção de alimentos, bem como buscar fontes adicionais, extremamente onerosas, para uso doméstico e industrial. Para os residentes nessas zonas, a busca de água é uma luta diária pela própria sobrevivência.

À medida que se desenvolve e industrializa, a humanidade degrada o meio ambiente devido ao desperdício de água pela população, agricultura e indústria. Em particular, o homem tem produzido obras que degradam o meio ambiente ou modificam o ciclo natural das águas, como, por exemplo, as

barragens, as obras de captação, a drenagem e irrigação (FREITAS, 1997). As principais conseqüências de impactos ambientais inerentes à irrigação são: modificação do meio ambiente, salinização do solo, contaminação dos recursos hídricos, problemas de saúde pública e consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região (BERNARDO, 1997).

A crise de disponibilidade de água afetará a irrigação e será afetada por ela. Infelizmente, a irrigação ainda não está sendo praticada adequadamente no Brasil, onde sistemas de irrigação mal dimensionados, mal implementados e mal manejados ou incompletos, provocam graves impactos ambientais.

O Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG) apresenta conflitos quanto ao recurso água. LANNA (1994) observa que, na bacia do rio Verde Grande, onde este projeto foi instalado em função de metas programáticas, unicamente, baseadas na extensão da área total irrigada, superam-se os limites de disponibilidade hídrica da bacia.

Entretanto, o comportamento do homem é universal. Estudos demonstram que, em todos os rincões e culturas do mundo repetem-se as pressões sobre o uso da água. Distinguem-se, nitidamente, quatro fases, sendo a primeira a da abundância, caracterizada por irrestrita exploração deste recurso. A quarta fase é caracterizada por pressões, que atingem níveis críticos, exigindo ações planejadas e fundamentadas em arcabouços legais e institucionais, capazes de solucionar os conflitos relativos à alocação do recurso. Essas fases, no Brasil, têm ocorrido simultaneamente em distintas regiões, de acordo com o estágio de desenvolvimento e as disponibilidades de água, principalmente se a região for seca (RODRIGUES, 1998).

Portanto, a ausência de planejamento no uso de água pode ocasionar conflito, quanto ao seu uso, constituindo um problema expressivo em diversas regiões de Minas Gerais e no País. Sem dúvida, haverá pressão para que a irrigação seja conduzida com maior eficiência e mínimo de impacto possível no meio ambiente, notadamente em relação à disponibilidade e qualidade da água para os múltiplos usuários. Todos os esforços, portanto, devem ser direcionados no sentido de minimizar tais conflitos, ou seja, diminuir a demanda através da utilização do manejo racional do uso de água na irrigação.

2.4.2. Crise energética

Ao longo da história da civilização, o homem sempre buscou formas de produzir e armazenar energia. Afinal, a energia possibilita aquecer ambientes, cozinhar alimentos, fazer funcionar máquinas e equipamentos, enfim, criar mais conforto e até mais saúde.

Pode-se dizer que as principais fontes de energia naturais conhecidas são: solar, eólica, fóssil, nuclear e hidráulica. Cada uma destas fontes apresenta vantagens e desvantagens. Em geral, uma fonte é considerada viável quando:

- permite produzir energia em quantidade necessária para manter o abastecimento constante;
- seu custo de produção é compatível com os benefícios que proporciona; e
- os riscos para o meio ambiente são inexistentes, ou pequenos, podendo ser controlados e monitorados.

Quando a fonte conjuga estes fatores, diz-se que é capaz de oferecer "energia firme".

De todas as fontes de energia, no Brasil, a de origem hidroelétrica representa 87%, sendo a mais importante para o País. O restante é produzido pelas centrais termoelétricas (10%) e pelos reatores das centrais nucleares de Angra dos Reis (2%).

A base física do sistema hidroelétrico está na precipitação pluvial, que se apresenta com variações cíclicas anuais e plurianuais, estando sujeita, ainda, a desvios aleatórios. No projeto das usinas hidroelétricas, os reservatórios são previstos para possibilitar a regularização de afluxos economicamente viável. Em razão dessa diretriz, tornam-se disponíveis dois tipos de energia hidráulica, em cada usina ou grupo de usinas de um mesmo curso d'água: a energia firme, disponível independentemente dos ciclos plurianuais, mas ainda assim sujeita a eventuais restrições de caráter temporário e aleatório; e a energia secundária, que se torna disponível de forma intermitente e imprevisível (LEITE, 2001).

O setor elétrico brasileiro que, no passado, constituiu-se em importante vetor do crescimento econômico, atualmente corre o risco de transformar-se em relevante fator restritivo desse crescimento. Isto porque o setor vive as

incertezas de um momento de transição em seu quadro institucional, ao mesmo tempo em que é instado a assegurar a expansão da oferta de energia elétrica para suportar o crescimento do mercado, que evolui acima dos patamares estimados. Em outras palavras, o Brasil está enfrentando uma crise de energia. Isto significa que não há energia elétrica suficiente e que toda energia disponível deve ser usada de maneira inteligente, pois, esta crise representa uma etapa difícil na história do País.

Qualquer que seja o culpado pela crise energética que ameaça a economia e a tranqüilidade do País, alguns fatos são claros: os reservatórios das usinas hidroelétricas do Sudeste, região que mais consome energia no País, estão abaixo de sua capacidade normal. O nível dos reservatórios, que abastecem as principais hidroelétricas do País, está 54% aquém da média histórica, para enfrentar o período sem chuvas que abrange o outono e o inverno na região (ASSIS, 2000). Em abril de 2001, já no fim do período chuvoso, os reservatórios deveriam estar cheios, mas o armazenamento médio das represas da região Sudeste estava a pouco mais de 30%. Para que seja possível gerar energia nas usinas hidroelétricas, é preciso que os reservatórios tenham volume suficiente de água para acionar as turbinas. Mas, para os especialistas, apenas um ano de escassez não deveria ser motivo para que o País atravessasse uma crise de energia, com riscos de racionamento. Isso porque os reservatórios foram projetados para acumular água por até cinco anos, já prevendo estiagens. Dados pluviométricos dos últimos cinco anos, na região da hidroelétrica de Furnas, no Sudoeste mineiro, reforçam o argumento, segundo especialistas do setor energético, de que a falta de chuvas não foi o problema principal da crise de energia que ameaça instalar-se.

Nos últimos anos, os investimentos em geração de energia no Brasil não acompanharam o crescimento da demanda. A falta de investimentos no setor é apontada, por especialistas, como a principal causa da crise energética. A realidade escancara o fracasso do modelo de privatização adotado e o abandono do planejamento a longo prazo, até então marca registrada do setor elétrico brasileiro. Os investimentos despencaram da média anual de R$ 13 bilhões, nos anos 80, para cerca de R$ 7 bilhões na década de 90. E o aumento do consumo foi 50%, sendo que a capacidade instalada cresceu apenas 35% nos anos 90. Com a falta de investimentos na ampliação do parque gerador, as reservas de água das usinas em operação têm sido

utilizadas de forma intensiva, reduzindo os níveis de armazenamento dos reservatórios. Isso aumenta a dependência por volumes de precipitações pluviais mais altos, para recompor o volume de água nos reservatórios (FELÍCIO e SPIS, 2001).

Mas, é preciso que o governo esteja atento a importantes impasses no setor. Um deles refere-se aos investimentos em expansão da capacidade produtiva, decisivos para afastar o risco da falta de energia, que estão sendo desestimulados pela lentidão das privatizações. Isso porque as geradoras estatais têm custos já amortizados e bem menores. Assim, antes de realizar novos investimentos, é mais atrativo aos interessados na geração esperar as privatizações (EDITORIAL..., 2001).

Na década de 50, cerca de 75% da população vivia em zonas rurais, e apenas 25% nas áreas urbanas. Atualmente, são mais de 80% de pessoas morando nas médias e grandes cidades, contra 20% de populações rurais, gerando transformações radicais no perfil demográfico do Brasil.

O Brasil é um país em desenvolvimento, que no ano de 2000 registrou um crescimento populacional de 4,5%. Mas, o crescimento na capacidade de geração não foi proporcional ao crescimento da demanda por energia elétrica. Isso significa que o Brasil precisa e gasta, cada vez mais, energia, mas a produção de energia não cresce no mesmo ritmo, aumentando os riscos de sua falta.

Como dito, a dependência do Brasil em relação às usinas hidroelétricas é um fator agravante da crise. Atualmente, elas respondem por quase totalidade da energia consumida no País. Vale lembrar que a energia produzida em um local pode ser transportada para outro local, o que é feito por meio de linhas de transmissão, que funcionam como verdadeiras estradas para a eletricidade. No País, nem todas as regiões estão interligadas, o que impossibilita um tráfego contínuo entre todas as regiões, como é o caso das regiões Norte e Nordeste, que não estão ligadas às demais. Em relação à região Sul, o problema é outro. Embora esteja ligada ao Sudeste e ao Centro-Oeste, o sistema de transmissão limita o transporte da energia excedente gerada no Sul.

A irrigação é considerada uma técnica de grande utilização de energia na agricultura, e tem sido reconhecido que não existe sistema de irrigação ideal, em relação à utilização de energia. Convém salientar que vários fatores

determinam a escolha de um sistema de irrigação, dentre os quais o clima, solo, topografia, disponibilidade e qualidade de água, as culturas e o consumo de energia e água. Igualmente importante é o manejo do uso de água na irrigação. Todos estes fatores deverão ser devidamente considerados em uma decisão econômica e ambiental, para definir o sistema de irrigação mais adaptado às características de cada local (SCALOPI, 1985).

O principal desafio atual da agricultura irrigada brasileira é desenvolver técnicas e métodos de engenharia para efetivar as práticas para economia de energia elétrica, incluindo o dimensionamento, a operação e o manejo dos sistemas de irrigação. Para atender melhor às decisões econômicas e ambientais, em função do crescente custo de energia, há necessidade de maiores informações sobre as relações de energia na irrigação.

A quantidade total de energia requerida por unidade de área de uma cultura irrigada depende de três componentes:

- lâmina de irrigação a ser aplicada;
- energia hidráulica requerida pelo sistema de irrigação; e
- eficiência total do sistema de bombeamento.

A distribuição de água na área a ser irrigada representa a principal oportunidade, que o irrigante dispõe, para minimizar o consumo de energia através de uma escolha criteriosa do sistema de irrigação mais adequado às suas condições e o manejo racional do uso de água na irrigação.

O custo de energia utilizada na irrigação depende de sua fonte disponível, da eficiência da unidade e da potência instalada no sistema. O elevado rendimento global dos motores elétricos, associados ao reduzido custo do kwh utilizado no período fora do pico, reduz o custo de energia em proporção muito maior que qualquer outro combustível líquido ou gasoso utilizado (SCALOPI, 1985). BRITO e SCALOPI (1986), reportaram que os sistemas acionados à eletricidade apresentam, sempre, um custo inferior aos acionados a óleo diesel.

Não caberia aqui discutir hipóteses relativas ao modo de como distribuir os sacrifícios advindos da escassez de energia. Não cabem dúvidas de que o racionamento meramente quantitativo (corte) é, em vários sentidos, difícil e pode ter efeitos imprevistos muito deletérios (CASTRO, 2001). Na perspectiva, os brasileiros consumidores de energia elétrica encontraram-se numa situação terrivelmente ingrata. Eles pagaram caro por um erro de planejamento

estratégico e reembolsaram mais caro do que seria necessário por uma série de equívocos no que tange à implementação das medidas emergenciais (EDITORIAL..., 2001 b).

Tentar conter o consumo de energia apenas com o recurso do aumento de tarifas é uma inviabilidade. Energia é um insumo tão inelástico que, para cortá-lo exclusivamente com base em mecanismos de preços, seria necessário impor aumentos colossais a tarifas, com efeitos evidentes sobre as taxas de inflação. Algum tipo de limitação do consumo, por meio da imposição de cotas, ou simplesmente pela via de corte do fornecimento, portanto, terá de ser inevitavelmente adotado. Nesse sentido, uma forma interessante de fazer valer um sistema de cotas pode ser a decretação de feriados (SAVASINI, 2001).

Considerando a crise energética, os consumidores rurais terão meta de racionamento de 90% (redução de 10%) em relação ao consumo médio registrado nos meses de maio, junho e julho de 2000. O consumo acima da meta, se não for compensado por uma economia anterior, sujeitará o consumidor ao corte de energia (CEMIG, 2001).

Sem dúvida, a crise energética exigiu dos irrigantes, situados na área de influência do racionamento, atitudes especiais e um esforço de adaptação e organização a esta nova realidade. A principal alternativa para o irrigante é o manejo eficiente de água na irrigação, a fim de evitar cortes no suprimento de energia elétrica ou, até mesmo, o pagamento de sobretaxas.

2.5. Análise econômico-financeira

A análise econômico-financeira do processo de produção agrícola exige a distinção entre agricultura irrigada e de irrigação. Os custos associados à primeira dizem respeito à produção agrícola obtida com o uso da irrigação, abrangendo todos os elementos necessários à produção agrícola, inclusive a água suprida pela irrigação. Já os custos pertinentes à irrigação decorrem apenas dos fatores e insumos utilizados para suprir a água a ser utilizada na produção agrícola.

Os principais recursos naturais utilizados pela atividade da irrigação são a água, os fatores edáficos e fatores climáticos. Destes, a água é o recurso sobre o qual pode haver o maior controle, o qual pode ser exercido no sentido

de alterar seu padrão de disponibilidade temporal e espacial, adequando-a ao padrão de demanda agrícola.

Neste contexto, quaisquer planejamento e operação de um projeto de irrigação, que vise maximizar a produção e a boa qualidade do produto na agricultura através do uso eficiente de água, requerem conhecimentos sobre as inter-relações entre água-solo-planta-atmosfera e manejo eficiente da irrigação (BERNARDO, 1996).

No Brasil, um país com graves problemas econômicos, a decisão mais relevante atualmente refere-se à questão da alocação de recursos escassos. Neste contexto, o investimento de capital reveste-se de especial importância em função da sua característica de irreversibilidade, que é peculiar, e das conseqüências futuras que produz. O reconhecimento deste fato despertou, nos últimos anos, um profundo interesse pelo estudo das técnicas e critérios que norteiam as decisões de investimento. Assim, além dos conhecimentos sobre as inter-relações água-solo-planta-atmosfera e manejo eficiente da irrigação, os sistemas de irrigação exigem detalhamento nos aspectos financeiros e econômicos para o conhecimento da rentabilidade dos mesmos (LANNA, 1989).

2.5.1. Análise do custo de produção

A análise dos custos baseia-se nos princípios da teoria de produção. O termo custo significa, para fins de análise econômica, a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma empresa para produzir determinado bem, devem receber para que continuem fornecendo esses fatores à empresa (HOFFMANN et al., 1987).

Os custos situam-se no âmago de muitas decisões empresariais. As empresas devem prestar atenção aos custos, porque todos os custos reduzem os lucros. Mas, os custos são cruciais devido a uma razão ainda mais profunda: as empresas tomam as decisões de produção e de venda com base, principalmente, nos custos e no preço dos bens (SAMUELSON e NORDHAUS, 1993). Entretanto, existem outros fatores a serem considerados, como o comportamento do mercado e do consumidor.

Custos de produção são as despesas da firma com os recursos utilizados na produção do seu produto (LEFTWICH, 1994). Considerando os

preços e uma listagem completa dos custos de produção, os modelos agrometeorológicos para simulação do desenvolvimento de culturas podem ser usados para avaliar o risco econômico (BOGGES e AMERLING, 1983; BOGES et al., 1983; LYNNE et al., 1984 e WETZTEIN et al., 1988).

A utilização de estimativas dos custos de produção na administração rural tem apresentado importância crescente na análise de eficiência na produção de determinada atividade e também de processos específicos de produção, os quais indicam o sucesso de determinada empresa em seu esforço de produzir. Ao mesmo tempo, à medida que a agricultura vem se tornando cada vez mais competitiva, o custo de produção constitui importante fator no processo de decisão.

2.5.1.1. Custo operacional efetivo

Os custos operacionais efetivos (COE) são aqueles em que o administrador controla no curto prazo, similar ao custo variável total (CVT). Eles podem ser aumentados ou diminuídos pela ação do administrador, e irão variar com o aumento na produção. Se nenhum nível de produto for produzido, o custo operacional efetivo pode ser quase totalmente evitado.

Esquematicamente, o custo operacional efetivo compõe-se da somatória das despesas realizadas com a mão-de-obra utilizada, o pagamento de impostos e taxas, a manutenção e reparo dos equipamentos, o consumo de água e o consumo de energia elétrica pelo sistema de irrigação. Resumidamente, o COE constitui a soma de todas as despesas efetivamente desembolsadas pelo produtor, ou seja, são os insumos e serviços utilizados para obter determinada produção de um dado produto.

O custo operacional efetivo médio (COEMe) expressa o custo operacional efetivo por unidade de produto produzido (Y).

2.5.1.1.1. Mão-de-obra utilizada

Mão-de-obra utilizada (MDO_u) é o custo de uso com operador no sistema de irrigação. Alguns autores a consideram com sendo componente do custo fixo total (CFT). Esse custo foi obtido pelo salário mensal do operador, acrescido dos encargos sociais.

2.5.1.1.2. Taxas

Os procedimentos para cobrança da tarifa de recuperação dos investimentos de uso comum (K_1) têm amparo na legislação, no Decreto-lei 89.496, de 29 de março de 1984, que regulamenta a lei da irrigação, determinando a obrigatoriedade no pagamento da tarifa de água em projetos públicos, prevendo a amortização da infra-estrutura de uso comum, total e, ou parcialmente, pelos irrigantes.

2.5.1.1.3. Custo de manutenção e reparo

Custos de manutenção e reparo (CM) são os dispêndios desembolsados para manter os bens de capital em plenas condições de uso. Em geral, esses custos estão diretamente relacionados à intensidade de uso dos bens de capital. Existem duas formas para estimar o custo de manutenção e reparo: através das despesas, efetivamente, realizadas na manutenção do bem de capital durante o ano, e através de uma estimativa anual em função do custo inicial (Ci).

Esses custos abrangem, essencialmente, os dispêndios realizados com a manutenção e reparo do equipamento e da infra-estrutura utilizada na operação do sistema de irrigação. No decorrer deste trabalho, foi adotado o método simplificado para determinação da manutenção e reparo do sistema de irrigação de acordo com ALVES (1990), que estabelece o valor dos dispêndios realizados com o custo de manutenção e reparo tendo como base o custo inicial do componente, em análise (Tabela 1).

2.5.1.2. Custo operacional total

Custo operacional total (COT) tem a finalidade de alocar na atividade produtiva, em análise, os gastos com a mão-de-obra familiar e a depreciação do bem de capital, além dos gastos com insumos e serviços, a fim de avaliar com mais precisão os custos e retornos da atividade em questão. Esse custo foi obtido pelo COE acrescido da mão-de-obra familiar e a depreciação dos equipamentos do sistema de irrigação, esse tipo de custo é próximo ao CFT. Do ponto de vista teórico, o COT seria aquele custo que o produtor incorre, no

curto prazo, para produzir e para repor sua maquinaria a fim de continuar produzindo no médio prazo e longo prazo.

O custo operacional total médio (COTMe) expressa o custo operacional total por unidade produzida (Y).

Tabela 1 - Método simplificado para determinação dos custos de manutenção e reparo dos com ponentes do sistema de irrigação

Componentes	CM (% sobre o valor inicial)	CM utilizado (% sobre o valor inicial)
Poços profundos	0,50 - 1,50	1,00
Estação de bombeamento (estrutura)	0,50 - 1,50	1,00
Bomba de eixo vertical	4,00 - 6,00	5,00
Bomba centrífuga	3,00 - 5,00	4,00
Motor elétrico	1,50 - 2,50	2,00
Motor diesel	5,00 - 8,00	6,50
Tubo de cimento amianto	0,25 - 0,75	0,50
Tubo de PVC	0,25 - 0,75	0,50
Tubo de alumínio sob pressão	1,50 - 2,50	2,00
Tubo de aço (enterrado)	0,25 - 0,50	0,40
Tubo de aço (superfície)	1,50 - 2,50	2,00
Tubo de aço galvanizado (superfície)	1,00 - 2,00	1,50
Tubo de polietileno para gotejamento	1,50 - 2,50	2,00
Gotejadores	5,00 - 8,00	4,00
Aspersores fixos	5,00 - 8,00	6,50
Filtros para gotejadores	6,00 - 9,00	7,50
Aspersores móveis	5,00 - 8,00	6,50
Tanque de fertilizantes	0,50 - 1,00	0,75

Fonte: ALVES, 1990

2.5.1.2.1. Mão-de-obra familiar

Mão-de-obra familiar (MDO_f) é o custo de uso com a mão-de-obra familiar no sistema de irrigação. O procedimento usual é considerar o salário de mercado como sendo o custo de oportunidade da mão-de-obra familiar; às vezes, isso não é correto e superestima o custo da atividade. Esse custo foi obtido pelo salário mensal do operador, acrescido dos encargos sociais. Em alguns casos, a oportunidade de emprego é reduzida; o mesmo acontece, quando há desemprego na economia. Neste caso, o custo de oportunidade tende a ser baixo ou até mesmo nulo

2.5.1.2.2. Depreciação

O entendimento do conceito de depreciação depende da prévia da compreensão do real significado do termo "ativo fixo", tendo em vista que só existe sentido falar em depreciação para os ativos fixos de uma empresa. Esses ativos podem ser definidos como sendo aqueles bens cuja duração em uso é superior a um ano e que destinam-se à utilização nas operações da empresa e não à venda.

Depreciação é um custo não-monetário, usado para refletir a perda do valor do bem com a idade, uso e obsolescência. Pode ser entendida como sendo um procedimento contábil, para gerar fundos necessários para a substituição do capital investido em bens produtivos de longa duração. Portanto, a depreciação pode ser real ou contábil. Depreciação real é a diminuição efetiva do valor de um bem resultante do desgaste pelo uso, ação da natureza ou obsolescência normal. Depreciação contábil é a diminuição em valores contábeis de um bem, resultante de inovações tecnológicas no decorrer dos anos.

Segundo NORONHA (1987), a depreciação é um conceito essencialmente contábil, mas muito importante nos estudos econômicos. Teoricamente, a depreciação representa o custo de produção de um fator durável, por unidade de tempo. Do ponto de vista econômico, o conceito que deve ser adotado, em estudos de investimentos, é aquele em que a depreciação não é considerada como um custo, mas como uma fonte de recursos para as operações da empresa.

Vale ressaltar que a conveniência de determinado método, para uma empresa em particular, depende da sua situação financeira em cada período contábil, e do objetivo que tem com a distribuição do custo. Independentemente do método utilizado, a carga anual de depreciação é função do custo original do ativo, de sua vida útil estimada e da quantia, denominada valor residual, que se espera obter com sua venda, quando esse bem for retirado de serviço.

Nos cálculos da depreciação dos sistemas de irrigação, pode-se atribuir, ao valor de sucata (valor residual), a taxa de 10 a 20% do valor de compra do equipamento.

2.5.1.2.2.1. Método do fundo de formação de capital

O método do fundo de formação de capital (ffc), também conhecido como método do fundo de renovação e, ou "sinking-found", propõe que, em cada ano subseqüente, resulte numa carga anual de depreciação constante a uma taxa geométrica. A rigor, este método pressupõe a constituição de um fundo destinado à reposição do ativo ao final de sua vida útil, através de re-investimentos, dos recursos gerados pela empresa sob forma de depósitos anuais, que capitalizados a uma certa taxa de juros resultem, à época de substituição do ativo, num montante exatamente igual ao seu custo original menos o valor residual desse ativo.

2.5.1.2.2.2. Vida útil

A vida útil é o tempo de utilização de um bem de capital estimado, pela empresa. Este tempo é determinante para o tratamento contábil, no aspecto da perda de valor do bem, em foco. Existem alguns termos sobre vida útil que são: vida média - é definida como a vida futura de uma unidade média dos bens existentes; vida composta - é a vida média de um grupo de unidade; vida provável - é a vida transcorrida, mais a vida restante; e vida restante - é o período de tempo entre a data atual e a data em que se pensa retirar de uso um determinado bem de capital. O tempo de vida útil passa a ser o elemento de maior importância para cálculo das quotas periódicas de depreciação, a serem apropriadas como despesa ou parte do custo de produção, conforme o caso. Mas, não se deve esquecer de levar em consideração as causas físicas

(uso, desgaste natural, ação dos elementos da natureza) e as causas funcionais (a inadequação e o obsoletismo). De acordo com ALVES (1990), para os componentes do sistema de irrigação, têm-se informações sobre a vida útil de vários itens (Tabela 2).

Tabela 2 - Vida útil dos componentes do sistema de irrigação

Componentes	Vida Útil (anos)	Vida Útil utilizada (anos)
Poços profundos	20 - 30	25
Estação de bombeamento (estrutura)	20 - 40	30
Bomba de eixo vertical	16 - 20	18
Bomba centrífuga	16 - 25	21
Motor elétrico	20 - 25	23
Motor diesel	10 - 20	15
Tubo de cimento amianto	15 - 40	28
Tubo de PVC	15 - 40	28
Tubo de alumínio sob pressão	10 - 20	15
Tubo de aço (enterrado)	15 - 25	20
Tubo de aço (superfície)	10 - 12	11
Tubo de aço galvanizado (superfície)	10 - 20	15
Tubo de polietileno para gotejamento	8 - 10	9
Gotejadores	8	8
Aspersores fixos	7 - 10	9
Filtros para gotejadores	12 - 15	14
Aspersores móveis	10 - 15	13
Tanque de fertilizantes	5 - 10	8

Fonte: ALVES, 1990

2.5.1.3. Custo total

O custo total da irrigação pode ser expresso como um valor anual com base em preços correntes, representando a soma de todos os gastos associados com o sistema de irrigação (THOMPSON et al., 1980).

O custo total (CT) é composto pela somatória do COT e de outros custos fixos imputados à atividade, que visam à remuneração do seu capital, como o arrendamento da terra e outros custos (depreciação das culturas, remuneração do capital circulante, remuneração do capital em equipamentos, etc.). Do ponto de vista conceitual, o CT constitui o custo total da atividade que, adicionado à remuneração da capacidade empresarial, permitirá avaliar qual a taxa de rentabilidade da atividade, em análise.

O custo total médio (CTMe) expressa o custo total por unidade de produção (Y).

2.5.1.3.1. Remuneração do capital circulante e do capital em equipamentos

O capital circulante e em equipamentos tem um custo de oportunidade, que deve ser considerado como parte do seu custo total. O custo de oportunidade pode ser entendido como a remuneração do capital pelo seu uso alternativo. Uma parcela dessa remuneração representa o quanto se deixou de ganhar pela não utilização desse capital em outras oportunidades de investimento. A outra parcela corresponde a uma compensação pelo risco do empreendimento.

Para remuneração do capital investido, a taxa de juros a considerar varia de caso para caso, de acordo com o que se passa no respectivo mercado financeiro. Nesse tipo de estudo, geralmente emprega-se a taxa de rentabilidade real da caderneta de poupança, como alternativa para medir o custo de oportunidade do capital, uma vez que a poupança é um tipo de investimento aberto a todos os agentes econômicos. Os outros encargos pertinentes a seguros e taxas são, em geral, reduzidos, razão pela qual freqüentemente não são considerados (RAPOSO, 1979).

2.5.2. Análise de índices econômico-financeiros

A análise de índices econômico-financeiros apóia-se em demonstrações contábeis. Essas demonstrações permitem a aplicação de vários tipos de análises, das quais destacam-se as análises vertical, horizontal e de índices.

A análise horizontal é feita, avaliando-se a evolução temporal dos itens que compõem a série de demonstrações contábeis. Já a análise vertical consiste em calcular a participação de cada item da demonstração contábil em relação aos itens agregados, de cada período. A análise de índices destaca-se das demais, por considerar a relação entre as contas.

A utilização dos índices pode ser feita de duas formas, ou seja, comparando-os aos índices de outros sistemas individualmente, ou analisando sua evolução temporal. A comparação com os índices de outros sistemas permite traçar um paralelo, estabelecendo os pontos fortes e fracos e orientando, assim, as ações necessárias para melhorar ou manter o desempenho da empresa. A evolução temporal dos índices, por um lado, serve para identificar o desempenho da empresa no decorrer dos anos e, por outro lado, serve como forte referencial para analisar as projeções de resultados futuros (análise de índices aplicada às projeções de resultados).

É através da análise dos índices que o empresário conhece os resultados obtidos (em termos monetários), em cada exploração da empresa rural, e pode tomar, conscientemente, suas decisões e ver a agricultura como um agronegócio (LEITE et al., 1996).

Existe um grande número de índices, mas como neste trabalho o objetivo é compor os elementos para análise do sistema de irrigação, apresentar-se-ão unicamente os índices: renda bruta total (RBT), renda líquida operacional (RLO), renda líquida total (RLT), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB) e ponto de nivelamento (PN).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizado o método do estudo de caso, sendo o mesmo um método das ciências sociais e, como outras estratégias, tem as suas vantagens e limitações que devem ser analisadas à luz do problema e questões a serem respondidas. De qualquer forma, este método oferece significativas oportunidades para a administração e para os administradores, pois pode possibilitar o estudo de inúmeros problemas de administração de difícil abordagem por outros métodos e pela dificuldade de isolá-los de seu contexto. Este método, assim como os métodos qualitativos, são úteis quando o fenômeno a ser estudado é amplo e complexo.

O estudo de caso foi realizado em uma propriedade agrícola, localizada no Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG), com uma área de 15,7 ha cultivada com a cultura da banana e irrigada por microaspersores. Essa escolha foi motivada, considerando-se as características peculiares do empresário agrícola e a qualidade do seu banco de dados (informações técnicas).

O produtor passou a desenvolver a agricultura irrigada porque foi atraído por incentivos fiscais e governamentais. O empresário gerencia seu empreendimento e participa de movimentos associativos na região.

O empresário dispõe de qualidade suficiente para competição nos mercados internacionais. No entanto, os produtos obtidos na atividade agrícola são vendidos para atacadistas dos estados do Nordeste, grandes centros de Minas Gerais e São Paulo.

Em relação ao emprego de tecnologia, que está intimamente ligada ao nível econômico e às condições sócioculturais do produtor. Assim, o empresário por possuir curso superior na área agrícola e por apresentar boas condições sócioculturais, está mais aberto e em comunicação com o exterior

para aceitar a introdução de fatores exógenos. Por fim, o irrigante faz uso de insumos e de técnicas culturais, podendo ser classificado como usuário de alta tecnologia.

Todavia, o empresário agrícola não é representativo em relação ao DIG, em termos de escolaridade, nível econômico, participação em cooperativas e adoção de tecnologias, podendo ser considerado um dos empresários do DIG mais tecnificado e influente.

Dados referentes ao consumo de água, consumo de energia elétrica, produção da bananeira e comercialização da produção foram coletados com o produtor agrícola a fim de verificar a situação de fato ocorrida em condições de campo, ou seja, a situação real, levando-se em conta os processos de tomada de decisão do agricultor, nos anos de 1998 e 1999.

Dados adicionais, que são listados a seguir, foram também obtidos no sentido de permitir a análise dos resultados simulados através do modelo SISDA para os anos em questão, ou seja, 1998 e 1999. Com tais informações, foi possível comparar os gastos reais, ou seja, a situação real para o manejo tradicional de água na irrigação, utilizado pelo agricultor, com os gastos calculados pelo SISDA, ou seja, a situação simulada para o manejo de água na irrigação.

A utilização do SISDA requer o conhecimento das variáveis de entrada referentes à propriedade, ao clima, ao solo, à cultura, ao plantio e irrigação.

A caracterização da propriedade requereu dados referentes à área territorial (15,7 ha) e à localização geográfica (latitude de 15°47' S, longitude de 43°18' W e altitude de 516 m).

O cadastro diário do tempo foi obtido junto ao 5.º Distrito de Meteorologia, através da Estação Experimental da EPAMIG, no município de Nova Porteirinha (latitude de 15°47' S, longitude de 43°18' W e altitude de 516 m), no período de 1º.01.1998 a 31.12.1999. Os elementos utilizados foram: temperatura máxima do ar (°C), temperatura mínima do ar (°C), temperatura média do ar (°C), umidade relativa média do ar (%), velocidade média dos ventos (m/s), insolação (h) e precipitação pluvial (mm).

O solo foi caracterizado através da análise da curva de retenção e da análise textural, dados do produtor. O solo foi dividido em camadas, sendo que, a primeira camada foi de 0,0 a 20,0 cm e os dados requeridos foram: capacidade de campo (18,4% em peso), ponto de murchamento permanente

(9,8% em peso), densidade do solo (1,73 g/cm^3), argila (20,6%), areia (31,6%) e silte (47,8%). A segunda camada foi de 20,1 a 40,0 cm e os dados requeridos foram: capacidade de campo (17,7% em peso), ponto de murchamento permanente (9,8% em peso), densidade do solo (1,71 g/cm^3), argila (16,5%), areia (48,4%) e silte (35,1%).

A caracterização da cultura demandou dados referentes ao cultivar da cultura (banana cv. "prata-anã"), ao fator de disponibilidade hídrica (0,4), ao valor de mercado (médio), à temperatura basal da cultura (15°C), à temperatura máxima para a cultura (26°C) e à salinidade máxima para a cultura (1dS/m). Em relação ao estádio da cultura, exigiu dados referentes à duração do estádio de cultura (dias), ao coeficiente da cultura (adimensional), à profundidade da raiz (m) e à área sombreada (%).

A caracterização do plantio demandou dados referentes à data de plantio, à umidade do solo no plantio (%) e ao espaçamento da cultura (3,0 $\times$ 2,5 x 2,5).

O sistema de irrigação requereu dados referentes à potência da motobomba (cv), ao rendimento da motobomba (%), ao tipo do equipamento (microaspersor), ao modelo do microaspersor (SW 200 LF), à pressão de serviço (23,5 mca), à vazão do emissor (133,7 L/h), ao diâmetro do bocal (0,79 mm), ao diâmetro molhado (15,0 m), ao espaçamento entre emissores (8,0 m), ao espaçamento das linhas laterais (8,0 m) e ao número de emissores por cova (0,117 emissores/cova).

O agricultor fez o uso do tanque Classe A no ano de 1998 e do tensiômetro no ano de 1999. Os dados semanais da ETo do tanque Classe A foram fornecidos pela Estação de Nova Porterinha, com isto, foi determinada a evapotranspiração da cultura (ETc), utilizando-se os coeficientes fixos do tanque de 0,8 e da cultura de 1,1. Ao se fazer o manejo de irrigação com tensiômetro, o irrigante utilizou-se de um ponto de amostragem com duas profundidades, sendo que, a primeira foi de 0,0 a 30,0 cm e a segunda de 30,0 a 60,0 cm.

A fim de permitir uma adequada comparação entre os resultados obtidos pelo agricultor, utilizando-se os métodos tradicionais e os resultados calculados através da simulação, o SISDA foi executado de maneira a permitir a análise de diferentes cenários, para que os mesmos permitissem a representação das diversas realidades de consumo da água e de energia elétrica. Considerando

as principais variáveis, que interferem na aplicação da água pelo sistema de irrigação, foram formados nove cenários, considerando-se as variáveis: coeficiente da cultura (Kc, adimensional) e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, %):

- Kc= 0,95 e CUC= 0,80. Cenário 1
- Kc= 0,95 e CUC= 0,85. Cenário 2
- Kc= 0,95 e CUC= 0,90. Cenário 3
- Kc= 1,10 e CUC= 0,80. Cenário 4
- Kc= 1,10 e CUC= 0,85. Cenário 5
- Kc= 1,10 e CUC= 0,90. Cenário 6
- Kc= 1,25 e CUC= 0,80. Cenário 7
- Kc= 1,25 e CUC= 0,85 e Cenário 8
- Kc= 1,25 e CUC= 0,90. Cenário 9

No cálculo da eficiência de aplicação (%), foram desconsideradas as perdas por arraste e evaporação, para o sistema de irrigação por microaspersão, por tratar-se de plantas adultas (área fechada), de acordo com a metodogia de KELLER e BLIESNER (1990). A eficiência de distribuição da água (%) calculada para este trabalho foi 79% quando CUC for 80%, 84% quando CUC for 85%, e 89% quando CUC for 90%.

Considerando-se os dados de entrada do modelo SISDA e os diferentes cenários, a irrigação realizada na simulação (IS), para a cultura da banana nos anos de 1998 e 1999, foi obtida através da irrigação total necessária (ITN), e calculada através do módulo manejo de irrigação do programa SISDA. A IS foi manejada para segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, sendo que a lâmina utilizada na simulação foi obtida através do valor acumulado da ITN do dia anterior ao manejo. O custo total com água, na simulação para os diferentes cenários, foi calculado por

$$CT_{AS} = \left[\frac{(IS_{S_n} \frac{A_n}{1000})}{1000} \right] P_A \qquad \text{Equação 1}$$

em que

CT_{AS}= custo total com água na simulação pelo SISDA, em R$/mês ou R$/ano;

IS_{Sn}= irrigação realizada na simulação pelo SISDA para área n, em mm/mês ou mm/ano;

A_n= área n, em m^2; e

P_A= preço do fator água, em R$/1000 m^3/mês ou R$/1000 m^3/mês.

O consumo simulado de energia elétrica, para o sistema de irrigação, foi calculado para os anos de 1998 e 1999, considerando-se os dados de entrada do programa SISDA e os diferentes cenários. O custo total com energia elétrica na simulação foi em função do consumo efetivo de energia e da demanda de potência.

Entende-se por consumo efetivo de energia aquele efetivamente medido pelo medidor, durante o período de utilização, que normalmente varia de 27 a 33 dias, expresso em kwh. A tarifa de consumo é o valor de venda de 1 kwh de energia consumida. Foram considerados dois períodos para aplicação do fator água à cultura: um período com desconto de 90% da tarifa de consumo, para a operação compreendida entre 23:00 e 5:00 horas, o que contempla necessidades de irrigação de até 180 horas mensais (isto é, 6 horas diárias durante 30 dias no mês, corresponde ao período de operação com desconto); o outro período, corresponde às horas excedentes, com tarifa normal (tarifa sem desconto), de acordo, com o nível de utilização da tarifa nos horários com desconto e sem desconto, adotado pelo empresário agrícola para o sistema de irrigação.

O custo total de energia elétrica para os diferentes cenários, considerando 18% de Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), foi obtido por

$$CT_{EES} = (C_{EE} + C_{DPS})1{,}18 \qquad \text{Equação 2}$$

em que

CT_{EES}= custo total de energia elétrica na simulação pelo SISDA, em R$/mês ou R$/ano;

C_{EE}= custo do consumo efetivo de energia elétrica, em R$/mês ou R$/ano; e

C_{DP}= custo da demanda de potência, em R$/mês ou R$/ano.

O consumo efetivo de energia elétrica foi obtido pela multiplicação da potência necessária ao acionamento da motobomba pelo número total de horas de funcionamento do sistema de irrigação adotado pelo empresário agrícola, para os horários com e sem desconto da tarifa de consumo efetivo de energia elétrica. Admitindo que 1 cvh de energia equivale a aproximadamente 0,7355 kwh de consumo, o custo total com consumo efetivo de energia elétrica para os diferentes cenários foi calculado por

$$C_{EES} = \left[P_{ins} T_{EESD} \left(T_a f_{SD}\right) 1{,}0\right] + \left[P_{ins} T_{EECD} \left(T_a f_{CD}\right) 1{,}0\right] \quad \text{Equação 3}$$

em que

P_{ins}= potência instalada da motobomba, em kW;

T_{EESD}= tarifa de energia elétrica sem desconto, em R$/kwh;

T_a= tempo de aplicação de acordo com a simulação, em h/mês ou h/ano;

f_{SD}= fator de utilização da energia elétrica, no período sem desconto, adimensional;

T_{EECD}= tarifa de energia elétrica com desconto, em R$/kwh; e

f_{CD}= fator de utilização da energia elétrica, no período com desconto, adimensional.

Para tanto, a potência instalada, que é a soma das potências nominais de equipamentos elétricos de mesma espécie, instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento, foi calculada em função da potência da motobomba e do seu rendimento, por

$$P_{ins} = \frac{P_m 0{,}7355}{\eta} \quad \text{Equação 4}$$

em que

P_m= potência nominal da motobomba tabelada, em cv; e

ç= rendimento do motor tabelado, em %.

No entanto, o tempo de aplicação, definido de acordo com o método de irrigação por microaspersão adotado pelo empresário agrícola, foi determinado por

$$T_a = \left(\frac{IS_{S_n} S_p S_f}{N_p q_a} \right) I_{RSn} \qquad \text{Equação 5}$$

em que

S_p= espaçamento entre covas, em m;

S_f= espaçamento entre fileiras, em m;

N_p= número de emissor por cova, em emissores/cova;

q_a= vazão média do emissor, em L/h; e

I_{RSn}= irrigações realizadas na simulação, em irrigações/mês ou irrigações/ano.

Entende-se por demanda medida como sendo o maior valor da demanda de potência ativa verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 minutos. A tarifa de demanda é o valor de 1 kW de potência demandada, que dá a utilização pelo período de 1 mês, sendo calculada em função da potência instalada e da tarifa de demanda, e determinado por

$$C_{DP} = P_{ins} T_D \qquad \text{Equação 6}$$

em que

T_D= tarifa de demanda, em R$/kW.

Na situação de campo, o consumo de energia elétrica no período foi quantificado através da fatura de energia elétrica, emitida pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), que determina o preço a ser pago pela prestação do serviço público de energia elétrica, referente ao período em questão. Nessa propriedade agrícola, o consumo de energia elétrica é específico para o sistema de irrigação.

O sistema de irrigação do DIG é constituído por canais principais e secundários ao longo da área agricultável, permitindo o abastecimento de reservatórios em vários pontos, a partir dos quais a água é conduzida para os lotes. A operação e a manutenção do sistema fica a cargo do Departamento de Irrigação do Gorutuba, sendo que a distribuição de água para os irrigantes é feita por comportas, as quais são controladas por medidores e planilhas de demanda por água. Este processo é realizado pelo Centro Operacional da Colonização, podendo o produtor agrícola fiscaliza-lo. A demanda por água é especificada, de acordo com a vazão e o horário de fornecimento de água para o produtor agrícola. O custo do fator água, no período, foi quantificado através da fatura emitida pelo Departamento de irrigação do Gorutuba, que determina o preço a ser pago pela prestação do serviço público, referente ao período em questão.

3.1. Análise do custo de produção

Para o desenvolvimento da análise do custo de produção, neste trabalho foram utilizadas as seguintes metodologias:

- metodologias do Instituto de Economia Agrícola (MATSUNAGA et al., 1976; CESAR et al., 1991);
- metodologias de MARTIN et al. (1994 e 1998), que definiram os custos de produção; e
- metodologias adaptadas de MELO (1993) e de FRIZZONE e SILVEIRA (1996), que determinaram os custos de produção para os sistemas de irrigação.

Então, foram considerados os seguintes custos: custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e custo total (CT), com seus respectivos custos médios.

3.1.1. Custo operacional efetivo para o sistema de irrigação

O custo operacional efetivo para o sistema de irrigação, considerado neste trabalho, abrange os dispêndios realizados com a mão-de-obra utilizada (MDO_u), com o pagamento da tarifa de recuperação dos investimentos de uso comum (K_1), com a manutenção e reparo dos equipamentos, com o custo total

com água e o custo total de energia elétrica. Para obtenção deste custo, foi utilizada a Equação 7.

$$COE_I = MDO_u + K_1 + CM + CT_A + CT_{EE} \qquad \text{Equação 7}$$

em que

COE_I=custo operacional efetivo para o sistema de irrigação, em R$/ano;

MDO_u= mão-de-obra utilizada, em R$/ano;

K_1= tarifa de recuperação dos investimentos de uso comum, em R$/ano;

CM= custos de manutenção e reparo, em R$/ano;

CT_A= custo total com água, em R$/ano; e

CT_{EE}= custo total de energia elétrica, em R$/ano.

No cálculo dos custos de manutenção e reparo (CM), utilizou-se o método simplificado, que leva em conta os dispêndios realizados com lubrificantes, com reparos dos equipamentos e da infra-estrutura utilizados na operação do sistema de irrigação.

O custo operacional efetivo médio para o sistema de irrigação ($COEMe_I$) foi o dispêndio efetivado para produzir uma unidade de produção (Y), isto é, o custo operacional efetivo dividido pela quantidade produzida, ou

$$COEMe_I = \frac{COE_I}{Q_c} \qquad \text{Equação 8}$$

em que

$COEMe_I$ = custo operacional efetivo médio para o sistema de irrigação, em R$/t; e

Q_C= quantidade comercializada do produto em foco, em t/ano.

3.1.2. Custo operacional total para o sistema de irrigação

O custo operacional total para o sistema de irrigação, adotado neste trabalho, abrange o COE_I, a mão-de-obra familiar e depreciação. Este custo possui enfoque para análise econômica, sendo calculado por

$$COT_I = COE_I + MDO_f + D_n \qquad \text{Equação 9}$$

em que,

COT_I= custo operacional total para o sistema de irrigação, em R$/ano;

MDO_f= mão-de-obra familiar, em R$/ano; e

D_n= depreciação, em R$/ano.

Dentre os vários métodos de estimativa da depreciação, o método do fundo de formação do capital (ffc) é mais adequado para este tipo de trabalho. Este método propõe que, em cada ano subseqüente, resulte um valor crescente de depreciação a uma taxa geométrica. Pressupõe a constituição de um montante equivalente e suficiente destinado à reposição do bem de capital, em análise. O cálculo da depreciação através do ffc, foi determinado por

$$D_n = (C_f - C_i)\left[\frac{j}{(1+j)^n - 1}\right](1+j)^{t-1} \qquad \text{Equação 10}$$

em que

C_i= valor inicial do bem, em R$;

C_f= valor final ou residual do bem, em R$;

j= juro anual do financiamento para aquisição dos equipamentos do sistema de irrigação, em decimal;

n= vida útil do bem, em anos; e

t= número do ano para o qual a depreciação é calculada, em decimal.

O custo operacional total médio para o sistema de irrigação ($COTMe_I$) é o custo operacional total necessário para produzir uma unidade de produção (Y). Em outros termos, é o custo com insumos, serviços e depreciação por unidade produzida, ou

$$COTMe_I = \frac{COT_I}{Q_c} \qquad \text{Equação 11}$$

em que

$COTMe_I$ = custo operacional total médio para o sistema de irrigação, em R$/t.

3.1.3. Custo total para o sistema de irrigação

O custo total para o sistema de irrigação, neste trabalho, foi determinado pela soma do COT_I, a remuneração do capital circulante e a remuneração do capital em equipamentos. O que diferencia o custo total do custo operacional total é o custo de oportunidade do capital. Em outras palavras, esse custo possui enfoque na análise financeira. O cálculo deste custo, foi obtido através da Equação 12.

$$CT_I = COT_I + RCC + RCE \qquad \text{Equação 12}$$

em que

CT_I= custo total para o sistema de irrigação, em R$/ano;

RCC= remuneração do capital circulante, em R$/ano; e

RCE= remuneração do capital em equipamentos, em R$/ano.

O custo de oportunidade para a remuneração do capital circulante foi determinado em função do capital circulante e da taxa anual de juros da caderneta de poupança, por meio da seguinte fórmula:

$$RCC = \frac{CC}{2} j_{CP} \qquad \text{Equação 13}$$

em que

CC= capital circulante, em R$/ano; e

j_{CP}= juros anuais da caderneta de poupança, em decimal.

Para o cálculo do custo de oportunidade, para a remuneração do capital em equipamentos, NEVES e SHIROTA (1986) recomendam trabalhar com uma estimativa representada pela média do custo inicial do equipamento, ou

$$RCE = \frac{C_i}{2} j_{CP}$$ Equação 14

O custo total médio para o sistema de irrigação ($CTMe_I$) pode ser entendido como o preço que se paga para produzir uma unidade de produção (Y), considerando somente os custos totais. Foi calculado por

$$CTMe_I = \frac{CT}{Q_c}$$ Equação 15

em que

$CTMe_I$ = custo total médio para o sistema de irrigação, em R$/t.

3.2. Análise de índices econômico-financeiros

Índices econômico-financeiros foram utilizados para compor os elementos para a análise do sistema de irrigação. Tais índices foram: renda bruta total (RBT), renda líquida operacional (RLO), renda líquida total (RLT), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB) e ponto de nivelamento (PN).

3.2.1. Renda bruta total

A renda bruta total (RBT) compreende o valor esperado de todos os produtos para determinada atividade, obtidos como resultado do processo de produção durante o ciclo da cultura, ano agrícola, ou ano civil.

A receita bruta é determinada pelo preço de venda no mercado multiplicado pela respectiva quantidade produzida, ou

$$RBT = P_P Q_C$$ Equação 16

em que

RBT= renda bruta total, em R$/ano; e

P_p= preço do produto em foco, em R$/t.

3.2.2. Renda líquida operacional

A renda liquida operacional (RLO) é o resultado do valor da produção obtida na exploração considerada, menos o custo operacional atribuído a essa operação, considerando o ciclo da cultura, o ano agrícola ou ano civil.

Do ponto de vista teórico, a RLO seria aquela receita que sobrou do pagamento do ato de produzir no curto prazo e para repor sua maquinaria para continuar produzindo no médio prazo e no longo prazo, foi determinado por

$$RLO = RBT - COT_I \qquad \text{Equação 17}$$

em que

RLO= renda líquida operacional, em R$/ano.

3.2.3. Renda líquida total

A renda líquida total (RLT), também denominada lucro total (LT), é o resultado do valor da produção obtida na exploração considerada, menos o custo total atribuído a essa operação, considerando o ciclo da cultura, o ano agrícola ou ano civil.

O indicador RLT mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade agropecuária. A análise do lucro permite chegar às seguintes conclusões:

a) RLT > 0, os produtores estão remunerando o capital a uma taxa superior à do mercado (lucro supernormal);
b) RLT = 0, a propriedade está no ponto de equilíbrio e em condições de refazer, no longo prazo, seu capital (lucro normal); e
c) RLT < 0 mas RLO > 0, indica que a renda bruta total da exploração foi suficiente para repor todo o capital gerando um saldo (RLO > 0), porém inferior ao que seria conseguido se o capital tivesse sido empregado à taxa de mercado. Esta situação permite afirmar que a empresa capitalizou, mas à taxa inferior de mercado (prejuízo econômico).

A RLT foi calculada através da Equação 18.

$$RLT = RBT - CT_I \qquad \text{Equação 18}$$

em que

RLT= renda líquida total, em R$/ano.

3.2.4. Índice de lucratividade

O índice de lucratividade (IL) mostra a relação entre o lucro e a receita bruta total. É uma medida importante de rentabilidade da atividade agropecuária, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade, após o pagamento de todos os custos operacionais. Este índice foi obtido por

$$IL = \left(\frac{RLT}{RBT} \right) 100 \qquad \text{Equação 19}$$

em que

IL= índice de lucratividade, adimensional.

3.2.5. Margem bruta

a) Margem bruta (COE) é a margem em relação ao custo operacional efetivo (COE), isto é, o que sobra após o produtor pagar o custo operacional efetivo em relação a esse mesmo custo, em porcentagem, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade. Simplificando, esta margem foi obtida por

$$MB(COE) = \left(\frac{RBT - COE_I}{COE_I} \right) 100 \qquad \text{Equação 20}$$

em que

MB (COE)= margem bruta em relação ao COE, %.

b) Margem bruta (COT) é a margem em relação ao custo operacional total (COT), isto é, o que sobra após o produtor pagar o custo operacional total em relação a esse mesmo custo, em porcentagem, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade. É avaliado por

$$MB(COT) = \left(\frac{RBT - COT_I}{COT_I} \right) 100 \qquad \text{Equação 21}$$

em que

MB (COT)= margem bruta em relação ao COT, %.

Desse modo, esta margem indica qual a disponibilidade para cobrir os demais custos fixos, o risco e a capacidade empresarial do proprietário.

c) Margem bruta (CT) é a margem em relação ao custo total (CT), isto é, o que sobra após o produtor pagar o custo total em relação a esse mesmo custo, em porcentagem, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade. É determinado por

$$MB(CT) = \left(\frac{RBT - CT_I}{CT_I} \right) 100 \qquad \text{Equação 22}$$

em que

MB (CT)= margem bruta em relação ao CT, %.

Esta margem indica qual a taxa disponível para remunerar o risco e a capacidade empresarial do proprietário.

3.2.6. Ponto de nivelamento

O ponto de nivelamento (PN) representa a produção mínima necessária para se cobrir os custos do processo produtivo, dado o preço de venda unitário

para o produto, em foco. Assim sendo, foram considerados os seguintes níveis do ponto de nivelamento:

$$PN(COE) = \frac{COE}{P_p}$$ Equação 23

em que

PN (COE)= ponto de nivelamento em relação ao COE, em t/ano.

$$PN(COT) = \frac{COT}{P_p}$$ Equação 24

em que

PN (COT)= ponto de nivelamento em relação ao COT, em t/ano.

$$PN(CT) = \frac{CT}{P_p}$$ Equação 25

em que

PN (CT)= ponto de nivelamento em relação ao CT, em t/ano.

3.3. Análise econômica e ambiental

Contemplando os dados da situação real obtidos pelo agricultor, e os dados auferidos com a utilização do modelo SISDA para a situação de simulação, fez-se a análise econômica e ambiental, utilizando a metodologia descrita abaixo.

A rentabilidade de utilização do fator água, no período, foi determinada pela equação 26.

$$RU_A = CT_{AS} - CT_{AR}$$ Equação 26

em que

RU_A= rentabilidade de utilizaç ão do fator água, em R$/mês ou R$/ano; e

CT_{AR}= custo total com água pelo sistema real, em R$/mês ou R$/ano.

A rentabilidade de utilização do recurso energia elétrica, no período, foi determinada por

$$RU_{EE} = CT_{EES} - CT_{EER} \qquad \text{Equação 27}$$

em que

RU_{EE}= rentabilidade de utilização de energia elétrica, em R$/mês ou R$/ano; e

CT_{EER}= custo total de energia elétrica pelo sistema real, em R$/mês ou R$/ano.

As porcentagens de rentabilidade da utilização dos fatores água e energia elétrica, em relação às despesas reais com esses mesmos fatores no sistema de irrigação no período, foram obtidas por

$$PR_A = \frac{RU_A}{CT_{AR}} \text{ e } PR_{EE} = \frac{RU_{EE}}{CT_{EER}} \qquad \text{Equação 28}$$

em que

PR_A= porcentagem da rentabilidade de utilização do fator água em relação às despesas reais utilizadas com este mesmo fator, em %; e

PR_{EE}= porcentagem da rentabilidade de utilização do fator energia elétrica, em relação às despesas reais utilizadas com este mesmo fator, em %.

A porcentagem de rentabilidade da utilização dos fatores água e energia elétrica, em relação às despesas reais com o custo total para o sistema de irrigação, foi determinada por

$$PR_{CTP} = \frac{RU_A + RU_{EE}}{CT_{IR}}$$ Equação 29

em que

PR_{CTP}= porcentagem de rentabilidade dos fatores água e energia elétrica, em relação às despesas reais com o custo total para o sistema de irrigação, em %; e

CT_{IR}= despesas reais com o custo total de produção para o sistema de irrigação, em R$/mês ou R$/ano.

A economia ambiental do recurso água no período, foi calculada por

$$EA_A = \frac{V_{AS} - V_{AR}}{V_{AF}}$$ Equação 30

em que

EA_A= economia ambiental do recurso água, em fam./mês ou fam./ano;

V_{AS}= volume de água simulado pelo SISDA, em m^3/mês ou m^3/ano;

V_{AR}= volume de água aplicado no sistema real, em m^3/mês ou m^3/ano; e

V_{AF}= volume do consumo médio de água, por uma família peculiar, em fam./m^3/mês o fam./m^3/ano.

A economia ambiental do recurso energia elétrica, no período, foi obtida por

$$EA_{EE} = \frac{\left[\frac{RU_{EE}}{TC_{RN}}\right]}{C_{EEF}}$$ Equação 31

em que

EA_{EE}= economia ambiental do recurso energia elétrica, em fam./mês ou fam./ano;

TC_{RN}= tarifa de consumo de energia elétrica para área residencial de baixa renda, em R$/kwh; e

C_{EEF}= consumo médio de energia elétrica, por uma família de baixa renda, em fam./kwh/mês ou fam./kwh/mês.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do DIG

4.1.1. Caracterizações gerais sobre os solos

O levantamento de Aptidão para Irrigação e Mapeamento Pedológico, realizado pela CODEVASF para a margem direita do DIG, indica a presença de solos caracterizados como areias quartzozas, aluviais arenosos, aluviais francos, aluviais argilosos, latossolos eutróficos e latossolos distróficos (UNIVERSIDADE...UFV, 1970). Apesar do lote avaliado não ter sido escolhido por tipo de solo, a área representa razoavelmente o distrito.

4.1.2. Caracterização climática

Os dados meteorológicos mensais utilizados (1977 a 1990), para caracterização climática do DIG foram obtidos no 5.º distrito de Meteorologia, referentes à estação de Janaúba-MG (Tabela 3).

O regime térmico possui uma oscilação anual bastante, suave com os valores médios anuais variando entre 22,6 °C e 25,8 °C. A temperatura máxima média alcança 32,1 °C e a mínima média atinge 15,9 °C. Os baixos valores de temperatura observados no inverno, são resultado da invasão de massas de ar frio que, por vezes, ocorre na região.

O regime de precipitação apresenta uma oscilação unimodal, sendo, dezembro e janeiro os meses mais chuvosos, correspondendo a 46% do total anual. Esse fato torna a região de alto risco sob o ponto de vista de confiabilidade da precipitação, com sérias restrições às práticas agrícolas,

podendo ocorrer perda de safra em certos períodos mais críticos, o que caracteriza a necessidade da irrigação. Entretanto, o método de irrigação a ser utilizado deve levar em conta o elemento do clima, a velocidade do vento, com média de 2,3 m/s.

Os valores anuais apresentados de insolação e umidade relativa proporcionam médias de 2.873,1 h e 66,6%, respectivamente, demonstrando condições climáticas favoráveis ao cultivo da bananeira.

O DIG se insere na região que apresenta os maiores valores de evapotranspiração potencial do Estado de Minas Gerais. Isso, aliado à ocorrência de temperaturas elevadas, conjuntamente com baixa umidade relativa e significativa influência do vento. Assim sendo, a lâmina requerida para o manejo da água na irrigação pode apresentar valores altos, dependendo das características da cultura, do solo e do equipamento de irrigação.

Tabela 3 – Dados da Estação Climatológica de Janaúba (MG) sendo composta por: temperatura máxima (Tmax, ^{o}C), temperatura mínima (Tmin, ^{o}C), temperatura média (Tmed[1], ^{o}C), umidade relativa (UR, %), velocidade do vento (Vv, m/s), precipitação (Prec, mm) e insolação (Ins, h)

Data	Dados Climatológicos de Janaúba						
	Tmax	Tmin	Tmed1	UR	Vv	Prec	Ins
	oC	oC	oC	%	M/s	mm	h
Jan.	30,8	20,0	24,9	75,2	1,7	212,3	210,8
Fev.	31,6	20,2	25,7	71,6	2,1	100,0	230,7
Mar.	31,9	20,1	25,4	72,9	1,8	107,7	239,2
Abr.	30,9	19,1	24,6	70,8	2,4	43,5	246,5
Mai.	30,5	17,9	23,8	66,6	2,6	12,1	267,1
Jun.	29,0	16,2	22,6	65,6	2,7	5,5	252,8
Jul.	28,7	15,9	22,8	61,2	2,8	1,7	270,5
Ago.	30,3	16,5	23,3	56,6	2,9	2,1	281,7
Set.	31,3	18,0	24,5	56,1	2,9	28,5	246,3
Out.	32,1	19,6	25,8	59,5	2,4	56,7	231,3
Nov.	31,2	20,1	25,4	68,0	2,0	105,4	213,4
Dez.	30,7	20,0	24,8	74,5	1,6	182,1	182,8

Média	30,8	18,6	24,5	66,6	2,3	857,5	2873,1

[1] média compensada.
Fonte: 5.º Distrito de Meteorologia (DISME).

4.2. Anos fiscal de 1998 e 1999

4.2.1. Análise da precipitação e da evapotranspiração de referência

Na Figura 1, pode-se observar a precipitação pluvial mensal (mm) e a evapotranspiração de referência mensal (mm), ao longo dos anos de 1998 e 1999.

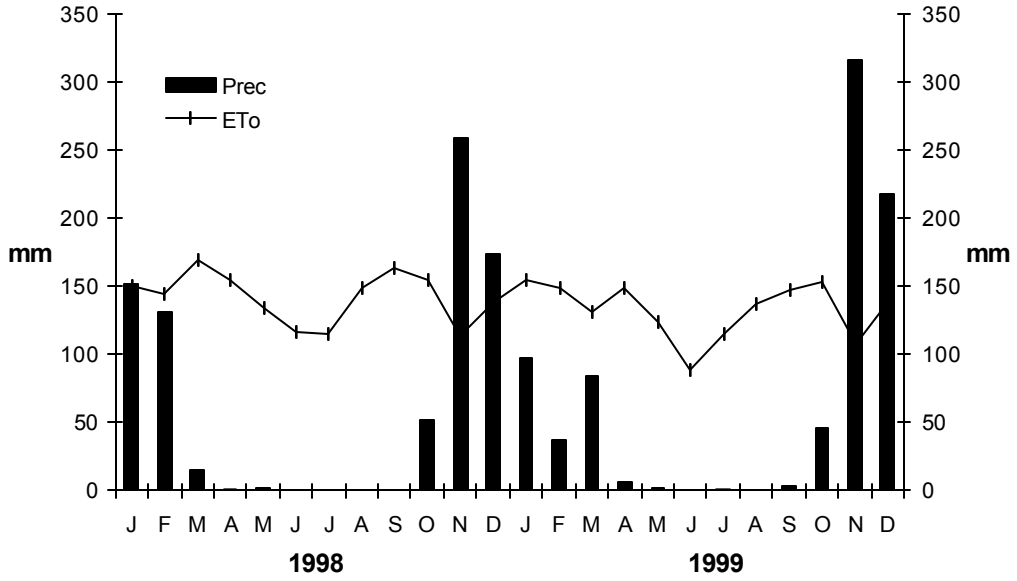


Figura 1 - Valor mensal da precipitação pluvial (Prec, mm) e da evapotranspiração de referência (ETo, mm) ao longo dos anos de 1998 e 1999.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a análise da distribuição das precipitações pluviais (Prec), a área onde está localizada a propriedade agrícola apresentou média mensal, para o ano de 1998, de 65,5 mm com duas épocas distintas: estação chuvosa e estação seca. A estação chuvosa concentrou-se de novembro a

fevereiro, sendo que o mês de novembro apresentou maior precipitação acumulada de 259,4 mm.

A média mensal da Prec foi de 67,6 mm, para o ano de 1998, sendo a área caracterizada por apresentar duas épocas distintas: estação chuvosa e estação seca. A estação chuvosa concentrou-se de novembro a dezembro, sendo que o mês de novembro apresentou maior precipitação acumulada de 316,0 mm.

Ao analisar a distribuição da evapotranspiração de referência (ETo) mensal, ao longo do ano de 1998, a mesma apresentou oscilação de 113,5 a 169,5 mm, com média mensal de 141,8 mm, apresentando estes extremos em novembro e março, respectivamente. A média diária da ETo, para o ano de 1998, foi 4,7 mm.

O ano de 1999 apresentou oscilação da ETo de 88,5 a 154,9 mm, apresentando estes extremos em novembro e março, respectivamente. As médias mensal e diária da ETo, para o ano de 1999, foram 132,8 mm e 4,4 mm, respectivamente.

4.2.2. Análise do consumo de água

Na situação de campo, o valor de lâmina da irrigação realizada pelo irrigante foi quantificado, através da planilha de dados do produtor rural e conta de água emitida pelo DIG, nos anos de 1998 e 1999. Na simulação, o valor de lâmina da irrigação realizada foi obtido através da utilização do modelo SISDA, via módulo manejo de irrigação, considerando-se os diferentes cenários (Tabela 4). Esta Tabela apresenta enfoque em termos de irrigação, com o valor-base em mm.

Ao analisar a Tabela 4, em relação ao consumo anual da lâmina de irrigação, o SISDA, na simulação, sempre obteve menor consumo de água, independentemente do cenário estudado. O Kc e o CUC são as principais variáveis que interferem na aplicação da água pelo sistema de irrigação; assim, o cenário com menor Kc e maior CUC (Cen. 3) apresentará menor consumo, enquanto, o cenário com maior Kc e menor CUC (Cen. 7) apresentará maior consumo.

Para o ano de 1998, o consumo de água foi 2.758 mm (IR), 1.483 mm (Cen. 3) e 2.208 mm (Cen. 7), e no ano de 1999 o consumo de água foi 2.384

mm para o sistema real (IR), e para o sistema de simulação foi 1.448 mm e 2.149 mm, para o cenário 3 e cenário 7, respectivamente.

Tabela 4 - Valor de lâmina da irrigação realizada pelo produtor rural (IR) e lâmina da irrigação realizada na simulação pelo SISDA (IS), para cada um dos cenários estudados, valor mensal e total em mm, no sistema de irrigação para os anos de 1998 e 1999

Data	IR	IS (mm)								
		Cenários								
	(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J-98	142,2	91,6	85,9	80,9	107,6	100,9	95,0	123,4	115,7	108,9
F-98	76,2	115,1	107,9	101,6	134,1	125,8	118,5	153,0	143,5	135,1
M-98	254,0	179,5	168,4	158,5	207,9	195,0	183,5	237,0	222,3	209,3
A-98	426,6	179,1	167,9	158,1	206,0	193,2	181,9	232,5	218,1	205,3
M-98	265,2	151,4	142,0	133,7	174,6	163,7	154,1	197,4	185,2	174,4
J-98	271,7	138,7	130,1	122,5	159,8	149,9	141,1	180,6	169,4	159,5
J-98	260,2	136,5	129,6	120,5	157,3	147,6	138,9	178,0	167,0	157,2
A-98	371,4	173,4	162,6	153,1	199,5	187,1	176,2	225,3	211,3	198,9
S-98	330,3	186,1	174,5	164,3	214,0	200,7	188,9	241,5	226,5	213,2
O-98	277,2	145,3	136,3	128,3	169,0	158,5	149,3	192,4	180,4	169,9
N-98	61,8	70,2	65,9	62,0	84,0	78,8	74,2	98,2	92,1	86,7
D-98	20,7	113,0	106,0	99,8	130,8	122,7	115,5	148,3	139,1	131,0
J-99	134,3	144,2	135,2	127,3	167,5	157,1	147,9	190,5	178,7	168,2
F-99	232,8	166,7	156,4	147,2	191,9	180,0	169,4	216,6	203,1	191,3
M-99	14,8	117,6	110,3	103,8	136,5	128,0	120,5	155,2	145,6	137,1
A-99	275,5	165,5	155,2	146,1	191,6	179,7	169,2	217,3	203,8	191,9
M-99	272,1	144,1	135,1	127,2	166,4	156,1	146,9	188,5	176,8	166,5
J-99	164,9	103,9	97,5	91,8	120,0	112,5	105,9	135,8	127,4	120,0
J-99	239,9	126,1	118,2	111,3	145,5	136,5	128,5	164,9	154,6	145,6
A-99	407,8	160,1	150,2	141,4	184,5	173,0	162,9	208,5	195,6	184,2
S-99	360,7	164,7	154,4	145,4	189,5	177,7	167,3	213,9	200,6	188,9
O-99	234,2	151,7	142,3	134,0	177,1	166,1	156,4	202,1	189,5	178,5
N-99	26,4	84,9	79,6	75,0	98,0	91,9	86,5	111,0	104,1	98,0
D-99	20,5	110,5	103,6	97,6	127,7	119,7	112,7	144,7	135,7	127,7

1998	2.758	1.680	1.577	1.483	1.945	1.824	1.717	2.208	2.070	1.949
1999	2.384	1.640	1.538	1.448	1.896	1.778	1.674	2.149	2.016	1.898

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à análise do consumo de água mensal, para o ano de 1998, no mês de dezembro e fevereiro, o SISDA aplicou mais água do que a situação real. Nos meses de dezembro e fevereiro, ocorreram precipitações pluviais de 172,8 mm e 131,8 mm, respectivamente, e valores da evapotranspiração de referência de 138,5 mm e 145,1 mm, respectivamente. Este fato indica a presença de deficiência hídrica em relação à ETo, no mês de fevereiro, e excesso hídrico em relação à ETo no mês de dezembro.

Para o ano de 1999, nos meses de março, novembro e dezembro, o SISDA aplicou mais água do que a situação real. Nos meses de março, novembro e dezembro ocorreram precipitações pluviais de 84,6 mm, 316,0 mm e 217,0 mm, respectivamente, e valores mensais da evapotranspiração de referência de 131,4 mm, 108,2 mm e 138,3 mm, respectivamente. Este fato indica a presença de deficiência hídrica, em relação à ETo, no mês de março, e excesso hídrico em relação à ETo nos meses de novembro e dezembro.

Ao tomar a decisão de fazer a irrigação, o agricultor faz previsão da possibilidade de ocorrência da precipitação pluviométrica, considerando sua experiência prática, fato este realmente verificado. Neste trabalho, não foi considerada a possibilidade de executar a previsão de precipitação pluviométrica no SISDA.

Portanto, apesar de ocorrerem precipitações pluviométricas, o agricultor desconsiderou a distribuição da precipitação pluviométrica, a intensidade da precipitação pluviométrica e o valor médio diário alto da evapotranspiração de referência.

4.2.3. Análise do custo de produção e de índices econômico-financeiros

O custo operacional efetivo para o sistema de irrigação, considerado neste trabalho, foi composto pela somatória das despesas realizadas com mão-de-obra utilizada (MDO_u), com o pagamento da tarifa de recuperação dos investimentos em infra-estrutura de uso comum (K_1), com a manutenção e

reparo (CM), com o custo total com água (CT_A) e o custo total com energia elétrica (CT_{EE}).

Na Tabela 5, são apresentados os valores do custo inicial (Ci), do custo final (Cf), da vida útil e da porcentagem de manutenção, para os componentes do sistema irrigação, adotado pelo empresário agrícola.

Os valores apresentados na tabela 5, foram usados para calcular o custo de manutenção e reparo, a depreciação e a remuneração do capital em equipamentos, para o ano de 1998 e 1999

Tabela 5 - Componentes do sistema de irrigação adotado pelo empresário agrícola com seu respectivo custo inicial (Ci, R$), custo final (Cf, R$), vida útil (anos) e manutenção (%)

Componentes da Irrigação	Custo Inicial	Custo Final	Vida Útil	Manutenção
	(R$)	(R$)	(anos)	(%)
1 Microaspersores	21.814,0	2.181,4	9	6,5
2 Bomba centrífuga	3.056,2	305,6	21	4,0
3 Motor elétrico	1.678,6	167,8	23	2,0
4 Tubos de polietileno	1.596,0	159,6	9	2,0
5 Tubos de PVC	17.863,8	1.786,4	28	0,5
6 Válvulas e acessórios	6.999,8	700,0	10	4,0
7 Filtros para fertirrigação	1.299,9	130,0	14	8,0
8 Injetor para fertirrigação	1.647,8	164,8	8	7,0
Sistema de irrigação	55.956,0	5.595,6	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

O custo total com água, na situação de campo, para o sistema real, foi quantificado através da conta de água emitida pelo DIG, para os anos de 1998 e 1999. No simulado, o consumo da água foi obtido através da utilização do programa SISDA, via módulo manejo de irrigação, considerando-se os diferentes cenários (Tabela 6). Esta tabela apresenta enfoque em termos econômicos, com o valor-base em R$.

De acordo com a Tabela 6, a simulação pelo SISDA, independentemente dos cenários estudados, sempre obteve o menor custo

anual com água. Para o ano de 1998, o custo anual foi R$ 2.234,0 (Cen. 3) e R$ 3.326,0 (Cen. 7). Enquanto, o custo anual no sistema real foi R$ 4.100,0.

Na situação de simulação, para o ano de 1999, o SISDA sempre teve maior economia do custo total anual com água. O custo anual foi R$ 4.103,0 (Real), R$ 2.493,0 (Cen. 3) e R$ 3.699,0 (Cen. 7).

Tabela 6 - Valor do custo total com água para o sistema real e o simulado pelo SISDA, para cada um dos cenários estudados, valor mensal e total em R$, no sistema de irrigação para os anos de 1998 e 1999

Data	Custo total com água (R$)									
	Real	Cenários								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
J-98	210,4	135,5	127,1	119,6	159,2	149,3	140,6	182,5	171,2	161,2
F-98	112,7	170,2	159,6	150,3	198,5	186,2	175,3	226,4	212,3	199,9
M-98	375,8	265,6	249,1	234,5	307,5	288,4	271,6	350,7	328,9	309,7
A-98	631,2	264,9	248,5	233,9	304,8	285,8	269,1	344,0	322,6	303,7
M-98	392,3	224,0	210,1	197,8	258,3	242,2	228,1	292,1	274,0	258,0
J-98	402,0	205,2	192,5	181,2	236,4	221,7	208,8	267,2	250,6	236,0
J-98	385,0	201,9	191,8	178,3	232,8	218,3	205,6	263,4	247,0	232,6
A-98	549,5	256,5	240,6	226,5	295,2	276,9	260,7	333,3	312,6	294,3
S-98	488,7	275,3	258,2	243,1	316,6	296,9	279,5	357,2	335,1	315,4
O-98	410,0	215,0	201,6	189,9	250,1	234,6	220,8	284,6	266,9	251,3
N-98	106,4	120,9	113,4	106,7	144,6	135,6	127,7	169,1	158,6	149,3
D-98	35,7	194,6	182,4	171,8	225,2	211,2	198,8	255,3	239,4	225,4
J-99	231,2	248,2	232,8	219,2	288,4	270,5	254,6	327,9	307,6	289,6
F-99	400,7	287,0	269,2	253,5	330,3	309,8	291,7	372,8	349,7	329,2
M-99	25,4	202,4	189,8	178,7	235,0	220,4	207,5	267,2	250,6	236,0
A-99	474,2	284,9	267,2	251,5	329,8	309,3	291,2	374,1	350,8	330,3
M-99	468,5	248,0	232,6	219,0	286,5	268,7	253,0	324,6	304,4	286,6
J-99	283,8	178,9	167,8	158,0	206,5	193,7	182,3	233,8	219,3	206,5
J-99	412,9	217,0	203,6	191,6	250,5	235,0	221,2	283,8	266,1	250,6
A-99	702,0	275,7	258,6	243,4	317,6	297,9	280,4	359,0	336,7	317,0
S-99	620,9	283,5	265,9	250,3	326,2	305,9	288,0	368,3	345,4	325,2
O-99	403,1	261,2	245,0	230,7	304,9	285,9	269,2	347,9	326,3	307,2
N-99	45,4	146,1	137,0	129,0	168,7	158,2	149,0	191,0	179,1	168,7
D-99	35,2	190,2	178,4	168,0	219,8	206,1	194,1	249,0	233,6	219,9

1998	4.100	2.530	2.375	2.234	2.929	2.747	2.586	3.326	3.119	2.937
1999	4.103	2.823	2.648	2.493	3.264	3.061	2.882	3.699	3.470	3.267

Fonte: Dados da pesquisa.

Para determinar o custo total simulado para o consumo de energia elétrica, para o ano de 1998 e 1999, foi considerado, nesse trabalho, que este dispêndio foi obtido em função do consumo efetivo de energia elétrica e da demanda de potência, independentemente dos cenários. Na situação de campo, este custo foi quantificado através da fatura de energia elétrica, emitida pela CEMIG (Tabela 7). Esta Tabela apresenta enfoque em termos econômicos, com o valor-base em R$.

Para tanto, o custo da demanda de potência elétrica foi calculado, em função da potência instalada e da tarifa de demanda. Entretanto, a potência instalada foi calculada em função da potência e do rendimento do motor. Para o bombeamento da água, para o sistema de irrigação adotado, o produtor possui 3 motores elétricos, sendo 2 de 12,5 cv com rendimento de 87,5%, e 1 motor elétrico de 5,0 cv com rendimento de 83,2%. Com isto, a potência instalada foi 25,434 kW/mês para o sistema de irrigação, sendo este valor fixo para os anos de 1998 e 1999. Os documentos que determinam os preços da tarifa de demanda convencional, para o produtor rural com transformador próprio, para o ano de 1998, são: a Portaria Nº 113 de 1997, sendo o órgão expedidor Departamento de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), com vigência em 08/04/1997 e com o valor da tarifa de demanda de R$ 4,30 por kW, a Resolução Nº 113 de 1998, sendo o órgão expedidor Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com vigência em 16/04/1998 e com o valor da tarifa de demanda de R$ 4,50 por kW, a Resolução Nº 58 de 1999, sendo o órgão expedidor ANEEL, com vigência em 9/04/1999 e com o valor da tarifa de demanda de R$ 5,23 por kW e a Resolução Nº 162 de 1999, sendo o órgão expedidor ANEEL, com vigência em 10/06/1999 e com o valor da tarifa de demanda de R$ 5,43 por kW.

O consumo efetivo de energia foi calculado, em função da potência necessária ao acionamento da motobomba, tempo de operação do sistema de irrigação, fator de utilização de energia elétrica e preço do kwh no horário com e sem desconto, para os anos de 1998 e 1999.

O preço de 1 kwh de energia elétrica, no horário com desconto (R$/kwh) e no horário sem desconto (R$/kwh), para os anos de 1998 e 1999, foi apresentado na Tabela 8.

Tabela 7 - Valor do custo total com energia elétrica para o sistema real e o simulado pelo SISDA, para cada um dos cenários estudados, valor mensal e total em R$, no sistema de irrigação para os anos de 1998 e 1999

Data	Custo total com energia elétrica (R$)									
	Real	Cenários								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
J-98	332,3	219,4	213,8	208,8	235,2	228,6	222,7	250,7	243,2	236,5
F-98	166,4	260,7	252,5	245,3	282,5	273,0	264,6	304,1	293,2	283,6
M-98	437,6	324,7	312,6	301,9	355,6	341,6	329,1	387,5	371,4	357,2
A-98	719,8	316,0	304,7	294,8	343,2	330,3	318,9	370,0	355,4	342,5
M-98	482,3	286,4	277,0	268,7	309,6	298,8	289,2	332,5	320,2	309,4
J-98	521,1	276,1	267,4	259,6	297,6	287,5	278,6	318,7	307,3	297,2
J-98	528,8	288,7	280,9	270,7	312,1	301,1	291,4	335,4	323,0	312,0
A-98	662,3	323,8	312,1	301,7	352,3	338,8	326,8	380,3	365,1	351,6
S-98	466,9	272,7	264,2	256,6	293,4	283,6	274,9	313,7	302,6	292,8
O-98	508,1	276,6	267,8	260,0	299,7	289,5	280,4	322,4	310,8	300,5
N-98	182,4	211,1	206,3	202,2	226,0	220,3	215,3	241,4	234,8	229,0
D-98	44,6	250,9	243,7	237,4	269,1	260,8	253,4	287,1	277,6	269,3
J-99	228,2	290,9	281,2	272,7	316,2	304,9	295,0	341,0	328,2	316,9
F-99	344,5	293,2	283,3	274,7	317,0	305,7	295,7	340,4	327,7	316,4
M-99	30,4	287,0	277,5	269,2	311,4	300,5	290,8	335,7	323,2	312,2
A-99	460,0	327,5	316,9	307,5	354,4	342,1	331,3	380,9	367,0	354,7
M-99	461,3	287,0	278,9	271,8	307,2	297,8	289,6	327,1	316,6	307,2
J-99	351,4	257,6	251,7	246,5	272,2	265,4	259,4	286,6	279,0	272,2
J-99	473,1	291,8	283,8	276,8	311,8	302,5	294,4	331,5	321,0	311,8
A-99	823,4	386,0	372,1	359,9	419,9	403,9	389,9	453,4	435,4	419,4
S-99	775,8	424,8	408,6	394,2	464,3	445,6	429,0	503,2	482,0	463,4
O-99	312,1	233,3	228,9	225,1	245,1	240,0	235,5	256,7	250,8	245,7
N-99	49,4	210,1	207,8	205,7	216,0	213,3	210,9	221,8	218,7	216,0

D-99	30,9	221,5	218,5	215,8	229,2	225,7	222,5	236,8	232,8	229,2
1998	5.053	3.307	3.203	3.108	3.576	3.454	3.345	3.844	3.705	3.582
1999	4.340	3.511	3.409	3.320	3.764	3.647	3.544	4.015	3.882	3.765

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 - Preço de 1 kwh de energia elétrica, no horário com desconto (R$/kwh) e no horário sem desconto (R$/kwh), nos anos de 1998 e 1999

Período	Preço de 1 kwh de Energia Elétrica	
	SD[1] (R$/kwh)	CD[1] (R$/kwh)
Jan/98 – Mar/98	0,090817	0,024524
Abr/98 – Mar/99	0,094939	0,025634
Abr/99 – Mai/99	0,106256	0,028695
Jun/99 – Dez/99	0,114609	0,030939

Fonte: Dados do DNAEE e da ANEEL.
[1] horário sem desconto.
[2] horário com desconto.

De acordo com a Tabela 7, o valor do custo operacional efetivo com o consumo de energia elétrica não apresentou a mesma distribuição do custo com água (Tabela 6), devido o fato de o agricultor utilizar a Portaria Nº 105 de 1992, sendo o órgão expedidor DNAEE que estabelece o uso da tarifa reduzida, para irrigações realizadas entre 23:00 e 5:00 h.

O SISDA sempre obteve, na simulação, maior economia do recurso energia elétrica para o ano de 1998. O Cenário 3 e o Cenário 7 apresentaram os valores R$ 3.108,0 e R$ 3.844,0, respectivamente, enquanto o consumo de energia elétrica para o sistema real foi R$ 5.053,0.

Para o ano de 1999, o custo total anual de energia elétrica foi R$ 3.320,0 (Cen. 3) e R$ 4.015,0 (Cen.7). Na situação real, o custo total anual com energia elétrica foi R$ 4.340,0.

O custo operacional total, para o sistema de irrigação, apresenta enfoque em termos da análise econômica, sendo composto, neste trabalho, pelos dispêndios realizados com o custo operacional efetivo acrescido de outros itens, como a mão-de-obra familiar e a depreciação.

As cotas de depreciação dos componentes do sistema de irrigação foram acumuladas para o segundo ano (1998) e para o terceiro ano (1999). Para tanto, foi considerado o juro do financiamento, para aquisição dos equipamentos do sistema de irrigação, que foi realizado através do Banco do Nordeste do Brasil S.A. (BNB), com a linha de crédito BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) - FINAME (Agência Especial de Financiamento Industrial),. O custo de financiamento foi composto pelo "spread" total (taxa de 3,5% a.a.) acrescido da taxa de juros a longo prazo (TJLP), sendo esta 11,68% em setembro de 1998, e em setembro de 1999 foi 14,05%. Com isto, o custo de financiamento (taxa de juros) foi 15,18% e 17,55%, para os anos de 1998 e 1999, respectivamente.

O custo total, para o sistema de irrigação, apresenta enfoque em termos da análise financeira, sendo composto, neste trabalho, pela somatória do custo operacional total e de custos de oportunidade, como a remuneração do capital em equipamentos e do capital circulante.

Para tanto, a remuneração do capital pelo seu uso alternativo foi quantificada através da rentabilidade mensal da caderneta de poupança (Tabela 9).

Tabela 9 - Rentabilidade mensal da caderneta de poupança (j_{CP}, %), com aplicação no Banco do Brasil S.A. (BB) e data-base no dia primeiro, nos anos de 1998 e 1999

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
j_{CP-98} (%)	1,81	1,65	0,95	1,40	0,97	0,95	0,99	1,05	0,88	0,95	1,39	1,11
j_{CP-99} (%)	1,99	1,53	2,16	2,82	1,72	1,65	1,12	1,09	1,09	1,04	0,95	0,90

Fonte: Banco do Brasil S.A.

Os índices econômico-financeiros, considerados neste trabalho para o sistema de irrigação, para a situação real e para a situação simulada pelo SISDA, foram os seguintes: renda bruta total (RBT), renda líquida operacional (RLO), renda líquida total (RLT), índice de lucratividade (IL), margem bruta (COE), margem bruta (COT), margem bruta (CT), ponto de nivelamento (COE), ponto de nivelamento (COT) e ponto de nivelamento (CT).

Com a apresentação da metodologia do custo de produção e de índices econômico-financeiros que determinam a rentabilidade do sistema de irrigação em questão, foram, então apresentadas tais informações, para o sistema real e o de simulação pelo SISDA, em todos os cenários estudados, para os anos de 1998 e 1999 (Tabela 10).

Tabela 10 - Estimativa dos custos de produção e de índices econômico-financeiros para o sistema de irrigação utilizado pelo empresário agrícola, de acordo com a situação real[1] e a de simulação[2] (Cen. 1, Cen. 2, Cen. 3, Cen. 4, Cen. 5, Cen. 6, Cen. 7, Cen. 8 e Cen. 9), para os anos de 1998 e 1999

Item	Situação									
	Real	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5	Cen. 6	Cen. 7	Cen. 8	Cen. 9
MDO_u-98 (R$)	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0	8.976,0
K_1-98 (R$)	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3
CM-98 (R$)	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3
CT_A-98 (R$)	4.099,9	2.529,5	2.374,7	2.233,7	2.929,0	2.747,0	2.586,3	3.325,8	3.119,2	2.936,8
CT_{EE}-98 (R$)	5.052,6	3.307,1	3.203,0	3.107,7	3.576,3	3.453,7	3.345,4	3.843,8	3.704,6	3.581,7
COE-98 (R$)	21.371,1	18.055,3	17.796,4	17.560,0	18.723,9	18.419,3	18.150,4	19.388,3	19.042,5	18.737,1
COEMe-98 (R$/t)	60,5	51,1	50,4	49,7	53,0	52,1	51,4	54,9	53,9	53,0
MDO_f-98 (R$)	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0	4.488,0
D_n-98 (R$)	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8	2.036,8
COT-98 (R$)	27.896,0	24.580,1	24.321,2	24.084,9	25.248,7	24.944,2	24.675,2	25.913,1	25.567,3	25.261,9
COTMe-98 (R$/t)	78,9	69,6	68,8	68,2	71,5	70,6	69,8	73,3	72,4	71,5
RCE-98 (R$)	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9	3.944,9
RCC-98 (R$)	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0	12.690,0
CT-98 (R$)	44.530,9	41.215,0	40.956,1	40.719,8	41.883,6	41.579,1	41.310,1	42.548,0	42.202,2	41.896,8

Continua...

Tabela 10, Cont.

Item	Situação									
	Real	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5	Cen. 6	Cen. 7	Cen. 8	Cen. 9
CTMe-98 (R$/t)	126,0	116,6	115,9	115,2	118,5	117,7	116,9	120,4	119,4	118,6
RBT-98 (R$)	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6	120.434,6
RLO-98 (R$)	92.538,6	95.854,5	96.113,4	96.349,7	95.185,9	95.490,4	95.759,4	94.521,5	94.867,2	95.172,7
RLT-98 (R$)	75.903,7	79.219,6	79.478,5	79.714,8	78.551,0	78.855,5	79.124,5	77.886,6	78.232,3	78.537,8
IL-98	63,0	65,8	66,0	66,2	65,2	65,5	65,7	64,7	65,0	65,2
MB-98 (COE) (%)	463,5	567,0	576,7	585,8	543,2	553,8	563,5	521,2	532,5	542,8
MB-98 (COT) (%)	331,7	390,0	395,2	400,0	377,0	382,8	388,1	364,8	371,0	376,7
MB-98 (CT) (%)	170,5	192,2	194,1	195,8	187,5	189,7	191,5	183,1	185,4	187,5
PN-98 (COE) (t)	62,7	53,0	52,2	51,5	54,9	54,0	53,3	56,9	55,9	55,0
PN-98 (COT) (t)	81,8	72,1	71,4	70,7	74,1	73,2	72,4	76,0	75,0	74,1
PN-98 (CT) (t)	130,6	120,9	120,2	119,5	122,9	122,0	121,2	124,8	123,8	122,9
MDO_u-99 (R$)	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4	9.487,4
K_1-99 (R$)	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3	1.048,3
CM-99 (R$)	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3	2.194,3

Continua...

Tabela 10, Cont.

Item	Situação									
	Real	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5	Cen. 6	Cen. 7	Cen. 8	Cen. 9
CT_A-99 (R$)	4.103,5	2.823,1	2.647,7	2.492,9	3.264,0	3.061,4	2.882,2	3.699,4	3.469,6	3.266,8
CT_{EE}-99 (R$)	4.340,3	3.510,8	3.409,4	3.319,9	3.764,4	3.647,4	3.544,0	4.015,1	3.882,4	3.765,1
COE-99 (R$)	21.173,7	19.063,9	18.787,1	18.542,8	19.758,4	19.438,8	19.156,2	20.444,5	20.082,0	19.761,9
COEMe-99 (R$/t)	39,1	35,2	34,7	34,2	36,5	35,9	35,4	37,8	37,1	36,5
MDO_f-99 (R$)	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7	4.743,7
D_n-99 (R$)	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2	2.177,2
COT-99 (R$)	28.094,6	25.984,7	25.708,0	25.463,7	26.679,3	26.359,7	26.077,1	27.365,4	27.002,9	26.682,8
COTMe-99 (R$/t)	51,9	48,0	47,5	47,0	49,3	48,7	48,2	50,5	49,9	49,3
RCE-99 (R$)	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8	3.365,8
RCC-99 (R$)	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5	21.052,5
CT-99 (R$)	52.512,9	50.403,0	50.126,3	49.882,0	51.097,6	50.778,0	50.495,4	51.783,7	51.421,2	51.101,1
CTMe-99 (R$/t)	97,0	93,1	92,6	92,1	94,4	93,8	93,3	95,6	95,0	94,4
RBT-99 (R$)	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8	162.002,8
RLO-99 (R$)	133.908,2	136.018,1	136.294,8	136.539,1	135.323,5	135.643,1	135.925,7	134.637,4	134.999,9	135.320,0

Continua...

Tabela 10, Cont.

Item	Situação									
	Real	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5	Cen. 6	Cen. 7	Cen. 8	Cen. 9
RLT-99 (R$)	109.489,9	111.599,8	111.876,5	112.120,8	110.905,2	111.224,8	111.507,4	110.219,1	110.581,6	110.901,7
IL-99	67,6	68,9	69,1	69,2	68,5	68,7	68,8	68,0	68,3	68,5
MB-99 (COE) (%)	665,1	749,8	762,3	773,7	719,9	733,4	745,7	692,4	706,7	719,8
MB-99 (COT) (%)	476,6	523,5	530,2	536,2	507,2	514,6	521,2	492,0	499,9	507,1
MB-99 (CT) (%)	208,5	221,4	223,2	224,8	217,0	219,0	220,8	212,8	215,1	217,0
PN-99 (COE) (t)	39,1	35,2	34,7	34,2	36,5	35,9	35,4	37,8	37,1	36,5
PN-99 (COT) (t)	51,9	48,0	47,5	47,0	49,3	48,7	48,2	50,5	49,9	49,3
PN-99 (CT) (t)	97,0	93,1	92,6	92,1	94,4	93,8	93,3	95,6	95,0	94,4

Fonte: Dados da pesquisa.

[1] Métodos tradicionais de manejo da água na irrigação (tensiômetro e tanque Classe A).
2 Modelo SISDA para a simulação do manejo da água na irrigação.

De acordo com a Tabela 10, o SISDA por apresentar menores valores do custo total com água e energia elétrica. Conseqüentemente, a situação simulada poderia apresentar: menor custo operacional efetivo para os anos 1998 (Cen. 3= R$ 17.560,0 e Cen. 7= R$ 19.388,3) e 1999 (Cen. 3= R$ 18.542,8 e Cen. 7= R$ 20.444,5); menor custo operacional total para os anos 1998 (Cen. 3= R$ 24.084,9 e Cen. 7= R$ 25.913,1) e 1999 (Cen. 3= R$ 25.463,7 e Cen. 7= R$ 27.365,4); e menor custo total para os anos 1998 (Cen. 3= R$ 40.719,8 e Cen. 7= R$ 42.548,0) e 1999 (Cen. 3= R$ 49.882,0 e Cen. 7= R$ 51.783,7), em relação à situação tradicional de manejo da água na irrigação nos anos 1998 (COE= R$ 21.371,1, COT= R$ 27.896,0 e CT= R$ 44.530,9) e 1999 (COE= R$ 21.371,1, COT= R$ 27.896,0 e CT= R$ 44.530,9). Assim, a utilização do modelo SISDA poderia proporcionar menores custos médios, em relação aos custos médios reais do sistema de irrigação, em análise. Portanto, ao utilizar o SISDA, o empresário poderia obter uma maior lucratividade da exploração agrícola e, com isto, o mesmo poderia ser mais competitivo no mercado, podendo beneficiar o consumidor final com um menor preço de venda do produto, em questão.

De acordo com a análise da renda líquida operacional nos anos 1998 (Cen. 3= R$ 96.349,7 e Cen. 7= R$ 94.521,5) e 1999 (Cen. 3= R$ 136.539,1 e Cen. 7= R$ 134.637,4), em relação à situação real nos anos 1998 (R$ 92.538,6) e 1999 (R$ 133.908,2), a utilização do SISDA poderia proporcionar maior receita, após o pagamento do ato de se produzir no curto prazo e para repor a maquinaria para continuar produzindo no médio e longo prazo.

Ao utilizar o SISDA, o empresário poderia obter um lucro supernormal maior do que do sistema tradicional, ou seja, remunerar seu capital a uma taxa superior à do mercado, de acordo com a análise da renda líquida total, para os anos de 1998 (Cen. 3= R$ 79.714,8 e Cen. 7= R$ 77.886,6) e de 1999 (Cen. 3= R$ 112.120,8 e Cen. 7= R$ 110.219,1), em relação à situação real no ano 1998 (R$ 75.903,7) e 1999 (R$ 109.489,9).

O programa SISDA poderia proporcionar melhores resultados da margem bruta, independentemente do cenário, em relação ao sistema tradicional de manejo de água na irrigação, de acordo com a análise da margem bruta em relação ao COE para os anos 1998 (Real= 463,5%, Cen. 3= 585,8% e Cen.7= 521,2%), COT (Real= 331,7%, Cen. 3= 400,0% e Cen.7= 364,8%) e CT (Real= 170,5%, Cen. 3= 195,8% e Cen.7= 183,1%) e 1999

(Real= 665,1%, Cen. 3= 773,7% e Cen.7= 692,4%), COT (Real= 476,6%, Cen. 3= 536,2% e Cen.7= 492,0%) e CT (Real= 208,5%, Cen. 3= 224,8% e Cen.7= 212,8%). Assim, com a utilização do modelo SISDA, o empresário poderia ter maior taxa disponível para remunerar os custos variáveis, fixos, o risco e sua capacidade empresarial.

De acordo com a análise do ponto de nivelamento, a situação de simulação poderia apresentar: menor PN (COE) para os anos 1998 (Cen. 3= 51,5 t e Cen. 7= 56,9 t) e 1999 (Cen. 3= 34,2 t e Cen. 7= 37,8 t); menor PN (COT) para os anos 1998 (Cen. 3= 70,7 t e Cen. 7= 76,0 t) e 1999 (Cen. 3= 47,0 t e Cen. 7= 50,5); e menor PN (CT) para os anos 1998 (Cen. 3= 119,5 t e Cen. 7= 124,8 t) e 1999 (Cen. 3= 92,1 t e Cen. 7= 95,6 t), em relação à situação tradicional de manejo de água na irrigação nos anos 1998 (PN (COE)= 62,7 t, PN (COT)= 81,8 t e PN (CT)= 130,6 t) e 1999 (PN (COE)= 39,1 t, PN (COT)= 51,9 t e PN (CT)= 97,0 t). Assim, a utilização do modelo SISDA poderia fazer com que o ponto de nivelamento fosse menor para os custos de produção do sistema de irrigação, em análise.

Portanto, ao utilizar o programa SISDA, o empresário poderia ter maior economia e rentabilidade, de acordo com a análise do custo de produção e dos índices econômico-financeiros, para a situação apresentada.

4.2.4. Análise econômica e ambiental

As análises econômica e ambiental apresentadas neste trabalho, foram feitas para o cenário 3 (Kc= 0,95 e CUC= 0,90) e cenário 7 (Kc= 1,25 e CUC= 0,80), por apresentarem o menor e o maior custo total com água e energia elétrica, para os cenários estudados (Tabelas 11, Tabela 12 e Tabela 14).

De acordo com a análise da Tabela 11, a utilização do SISDA poderia obter redução do custo com o fator água, em relação ao sistema real, para os anos 1998, de R$ 1.866,3 (Cen. 3) e R$ 774,1 (Cen. 7) e 1999 de R$ 1.610,5 (Cen. 3) e R$ 404,0 (Cen. 7). A economia do fator energia elétrica em relação à situação real com a utilização do modelo SISDA poderia ser, para o ano de 1998, de R$ 1.944,8 (Cen. 3) e R$ 1.208,7 (Cen. 7), e para o ano de 1999 de R$ 1.020,4 (Cen. 3) e R$ 325,3 (Cen. 7). Entretanto, essa economia poderia ser mais acentuada na estação seca (Figura 1), o que evidencia que o SISDA considera as relações água-solo-planta-atmosfera no manejo de irrigação.

Tabela 11 - Rentabilidade de utilização do fator água e energia elétrica em R$/mês ou R$/ano, para os anos de 1998 e 1999

Data	RU_A (R$)		RU_{EE} (R$)	
	Cen 3	Cen 7	Cen 3	Cen 7
J-98	-90,8	-27,9	-123,5	-81,6
F-98	37,6	113,7	78,9	137,7
M-98	-141,2	-25,1	-135,7	-50,1
A-98	-397,3	-287,2	-425,0	-349,8
M-98	-194,6	-100,2	-213,6	-149,9
J-98	-220,8	-134,8	-261,5	-202,4
J-98	-206,7	-121,6	-258,2	-193,4
A-98	-323,0	-216,2	-360,5	-282,0
S-98	-245,7	-131,5	-210,2	-153,1
O-98	-220,2	-125,4	-248,1	-185,7
N-98	0,3	62,7	19,8	59,0
D-98	136,1	219,6	192,8	242,5
J-99	-12,0	96,8	44,5	112,8
F-99	-147,3	-27,9	-69,8	-4,1
M-99	153,3	241,8	238,8	305,3
A-99	-222,7	-100,2	-152,4	-79,1
M-99	-249,5	-143,9	-189,5	-134,2
J-99	-125,8	-50,0	-104,8	-64,7
J-99	-221,3	-129,1	-196,3	-141,6
A-99	-458,6	-343,0	-463,5	-370,0
S-99	-370,7	-252,7	-381,7	-272,7
O-99	-172,4	-55,2	-87,0	-55,4
N-99	83,6	145,6	156,3	172,4
D-99	132,8	213,8	184,9	205,9
1998	-1.866,3	-774,1	-1.944,8	-1.208,7
1999	-1.610,5	-404,0	-1.020,4	-325,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 12 - Porcentagem de rentabilidade da utilização do fator água e energia elétrica em relação ao custo total de produção do sistema real (%/mês ou %/ano) e às despesas reais com o custo total de água e energia elétrica (%/mês ou %/ano), para os anos de 1998 e 1999

Data	PR_{CTP} (%)		PR_A (%)		PR_{EE} (%)	
	Cen. 3	Cen. 7	Cen. 3	Cen. 7	Cen. 3	Cen. 7
J-98	-6,4	-3,3	-46,1	-14,2	-37,2	-24,5
F-98	3,8	8,1	36,2	109,4	47,4	82,8
M-98	-7,7	-2,1	-41,4	-7,4	-31,0	-11,5
A-98	-19,8	-15,3	-67,0	-48,5	-59,0	-48,6
M-98	-10,9	-6,6	-54,0	-27,8	-44,3	-31,1
J-98	-12,7	-8,8	-59,7	-36,4	-50,2	-38,8
J-98	-12,2	-8,3	-58,5	-34,4	-48,8	-36,6
A-98	-16,7	-12,2	-64,6	-43,2	-54,4	-42,6
S-98	-11,9	-7,4	-54,5	-29,2	-45,0	-32,8
O-98	-12,3	-8,2	-58,3	-33,2	-48,8	-36,5
N-98	0,6	3,8	0,3	62,4	10,9	32,4
D-98	8,2	11,5	411,0	663,2	432,2	543,7
J-99	0,8	5,2	-5,2	41,9	19,5	49,4
F-99	-5,1	-0,7	-36,7	-7,0	-20,3	-1,2
M-99	10,9	15,2	603,5	952,1	786,8	1.005,7
A-99	-8,4	-4,0	-47,0	-21,1	-33,1	-17,2
M-99	-9,7	-6,1	-53,3	-30,7	-41,1	-29,1
J-99	-5,5	-2,7	-44,3	-17,6	-29,8	-18,4
J-99	-9,3	-6,0	-53,6	-31,3	-41,5	-29,9
A-99	-18,0	-13,9	-65,3	-48,9	-56,3	-44,9
S-99	-15,1	-10,5	-59,7	-40,7	-49,2	-35,1
O-99	-6,0	-2,6	-42,8	-13,7	-27,9	-17,8
N-99	6,5	8,6	184,1	320,5	316,6	349,1
D-99	6,7	8,8	376,9	607,0	599,5	667,4
1998	-8,6	-4,5	-49,4	-20,5	-38,5	-23,9
1999	-5,0	-1,4	-39,2	-9,8	-23,5	-7,5

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar a Tabela 12, e considerando a porcentagem de rentabilidade da utilização dos fatores água e energia elétrica em relação ao custo total de produção do sistema real, a utilização do programa SISDA poderia obter uma economia, para o ano de 1998, de 8,6% (Cen. 3) e 4,5% (Cen. 7) e para o ano de 1999 de 5,0% (Cen. 3) e 1,4% (Cen. 7). Estes valores, propostos pela utilização do SISDA, foram relativamente pequenos. Mas, considerando a área cultivada da propriedade agrícola de 15,7 ha e as características do empresário agrícola, neste estudo de caso, esses mesmos valores poderiam ser significativos na extrapolação para a área irrigada, pelos empresários agrícolas, no Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG).

Por outro lado, em algumas regiões do Brasil, estão ocorrendo conflitos entre os múltiplos usuários de água. Assim, nessas regiões, ocorre uma limitação do consumo de água, mediante a situação de escassez. A utilização do modelo SISDA, na situação apresentada, poderia ocasionar uma economia do fator água, para o ano de 1998, de 49,4% (Cen. 3) e 20,5% (Cen. 7), e para o ano de 1999 de 39,2% (Cen. 3) e 9,8% (Cen. 7).

Considerando que o Brasil, em algumas regiões, enfrentou uma crise energética no ano de 2001, e o racionamento de energia elétrica proposto pelo Governo, para a zona rural, nessas regiões, foi de 10%, a utilização do SISDA poderia estabelecer a meta de racionamento, na situação apresentada, para o ano de 1998 com 38,5% (Cen. 3) e 23,9% (Cen. 7) e para o ano de 1999 com 23,5% (Cen. 3). Entretanto, no cenário 7 (alto consumo) foi 7,5%, para o ano de 1999, mas, o comportamento do irrigante foi desconsiderado no manejo de irrigação, nos meses de março, novembro e dezembro.

Considerando que o consumo médio mensal familiar de água seja 22,7 m^3, o consumo mensal de energia elétrica residencial para uma família de baixa renda seja 100 kwh, a tarifa de consumo de energia elétrica para a área de baixa renda, para os anos de 1998 e 1999 (Tabela 13), e a rentabilidade de utilização do fator água e energia elétrica (Tabela 11), foi, então, possível obter a economia ambiental dos fatores água e energia elétrica (Tabela 14).

De acordo com a análise da Tabela 14, a utilização do SISDA poderia levar à economia ambiental do recurso água, que seria suficiente para as necessidades de 7.481 e 3.103 famílias, aproximadamente, para o cenário 3 de baixo consumo, e cenário 7 de alto consumo, respectivamente, para o ano de 1998. Para o ano de 1999, a economia ambiental do recurso água, que seria

suficiente para as necessidades de 6.456 e 1.619 famílias, aproximadamente, para o cenário 3 e cenário 7, respectivamente.

O SISDA poderia ocasionar uma economia ambiental de energia elétrica, para o ano de 1998, que seria suficiente para atender às necessidades de, aproximadamente, 247 famílias (Cen. 3) e 153 famílias (Cen. 7) e, para o ano de 1999, seria suficiente para atender às necessidades de, aproximadamente, 106 famílias (Cen. 3) e 27 famílias (Cen. 7).

Tabela 13 - Tarifa de consumo de energia elétrica (R$/MWh) para área residencial de baixa renda com o consumo mensal de 31 a 100 kwh, nos anos de 1998 e 1999

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TC_{RN-98}	76,3	76,3	76,3	76,3	79,8	79,8	79,8	79,8	79,8	79,8	79,8	79,8
TC_{RN-99}	79,8	79,8	79,8	79,8	92,8	92,8	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4

Fonte: Dados do DNAEE e da ANEEL.

A economia ambiental, proposta pela utilização do programa SISDA, dos fatores água e energia elétrica é de grande importância para o País, principalmente mediante a atual crise energética e escassez de água. Por outro lado, com a tendência de crescimento de sua consciência ecológica, os consumidores começam a fazer pressão para que o produtor rural produza com a menor interferência no meio ambiente; enfim, começam a exigir o selo verde, que certifica a qualidade do produto em termos ambientais. Portanto, a utilização do SISDA seria uma ferramenta para proporcionar o certificado ambiental. Além disso, a economia ambiental é de grande importância para o Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG), onde foi realizado este estudo de caso, porque o Distrito apresenta grandes limitações de desenvolvimento e expansão devido à escassez do fator água, ou seja, a região do DIG apresenta conflitos entre os múltiplos usuários de água, entre os próprios irrigantes e entre os irrigantes e outros usuários. Enfim, a utilização do SISDA poderia estabelecer as metas programáticas DIG, ou proporcionar a sustentabilidade para os irrigantes assentados.

Tabela 14 - Economia ambiental do recurso água e de energia elétrica em fam./mês ou fam./ano, devido à utilização do programa SISDA, para os anos de 1998 e 1999

Data	EA_A (fam.)		EA_{EE} (fam)	
	Cen 3	Cen 7	Cen 3	Cen 7
J-98	-364	-112	-16	-11
F-98	151	456	10	18
M-98	-566	-100	-18	-7
A-98	-1.593	-1.151	-56	-46
M-98	-780	-402	-27	-19
J-98	-885	-540	-33	-25
J-98	-829	-488	-32	-24
A-98	-1.295	-867	-45	-35
S-98	-985	-527	-26	-19
O-98	-883	-503	-31	-23
N-98	1	251	2	7
D-98	546	880	24	30
J-99	-48	388	6	14
F-99	-590	-112	-9	-1
M-99	614	969	30	38
A-99	-893	-401	-19	-10
M-99	-1.000	-577	-20	-14
J-99	-504	-200	-11	-7
J-99	-887	-518	-20	-15
A-99	-1.838	-1.375	-48	-38
S-99	-1.486	-1.013	-40	-28
O-99	-691	-221	-9	-6
N-99	335	584	16	18
D-99	532	857	19	21
1998	-7.481	-3.103	-247	-153
1999	-6.456	-1.619	-106	-27

Fonte: Dados da pesquisa.

5. CONCLUSÕES

Nos últimos anos, tem-se observado uma tendência à mudança nas ferramentas utilizadas para o manejo de água para irrigação. Considerando a complexidade envolvida neste manejo, e o tratamento cada vez mais sofisticado que vem sendo dado às variáveis envolvidas no sistema solo-água-planta-atmosfera, um estudo de caso foi realizado no Distrito de Irrigação do Gorutuba (DIG), localizado nos municípios de Janaúba e Nova Porterinha, no norte de Minas Gerais. O trabalho teve como objetivo geral comparar, quantitativamente, os resultados obtidos pelos métodos tradicionais utilizados no manejo de água na irrigação da cultura da banana, isto é, tensiômetro e tanque Classe A, com os resultados simulados pelo SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), quanto aos aspectos econômicos e ambientais. O estudo de caso foi realizado em uma propriedade agrícola, com uma área cultivada de 15,7 ha e irrigada por microaspersão. O estudo foi conduzido para os anos de 1998 e 1999.

Os resultados mostram que a utilização do SISDA poderia proporcionar redução nos custos médios e custos totais e aumento da lucratividade, considerando-se que as variáveis econômico-sociais permanecem constantes. Observa-se que a economia gerada para o fator água poderia ser 9,8% a 49,4% e 7,5% a 38,5% para o fator energia elétrica. Este aspecto reforça a tese de que o SISDA contribui para a racionalização dos recursos produtivos dos sistemas de irrigação, elevando a eficiência econômica do processo produtivo.

Tais resultados têm repercussões importantes nos sistemas de irrigação, uma vez que, com menor custo e maior lucratividade, o SISDA proporciona melhores condições de competitividade, com ganhos diretos para os produtores, e ganhos indiretos para os consumidores na forma de menor preço do produto final e melhor qualidade do produto.

Além disso, a utilização do SISDA poderia levar à economia ambiental do recurso água, o qual seria suficiente para atender às necessidades de, aproximadamente, 1.619 a 7.481 famílias, e 27 a 247 famílias para o recurso energia elétrica. A economia ambiental, gerada com a utilização do SISDA, pode ser de grande importância para o País, pois, este vem passando por uma crise energética e por escassez de água, em determinadas regiões.

Apesar de não ser uma ferramenta de substituição para os métodos tradicionais, o Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (SISDA), por sua aplicabilidade e custo relativamente inferior, pode ser visto como uma técnica complementar aos mesmos. Assim sendo, o emprego do SISDA permitiu atingir o objetivo principal, ou seja, o manejo racional do uso de água e de energia elétrica na irrigação, no estudo de caso apresentado, maximizando a análise econômico-financeira e a economia ambiental.

A importância do presente estudo está no fato de servir como subsídio na tomada de decisão do setor agrícola. No entanto, são necessários mais estudos objetivando à análise econômico-financeira e à economia ambiental dos métodos de manejo de irrigação, que têm a modelagem base principal, para implementar modelos que contemplem os aspectos econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUA ONLINE. **Estudo aponta escassez de água para 1/3 da população mundial**. Disponível em <http://www.aguaonline.com.br/3-edicao/3-meioambiente-escassez.htm>. Acesso em: 21 jul. 2001.

ALVES, C.B. **Parâmetros energéticos na elaboração de projetos de irrigação para o distrito de Santa Terezinha-MS**. 1990. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu.

ASSIS, J.C. de. Vai faltar energia. **O Globo**, Rio de Janeiro, 16 jul. 2000. Disponível em <http://www.oglobo.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2000.

AUBERT, B. Étude preliminaire des phénomenes de transpiration chez le bananier. Aplication a la determination des besoins in irrigation dans les bananerais d'Équateur. **Fruits**, Montpellier, v. 23, n. 7, p. 357-381, 1968.

AUBERT, B. Action du climat sur le comportement du bananier en zones tropicale et subtropicale. **Fruits**, Montpellier, v. 26, n. 3, p. 175-188, 1971.

AZEVEDO, J.A. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado**. Brasília, DF: EMBRAPA/CPAC, 1983. 53 p. (EMBRAPA/CPAC. Circular Técnica, 16).

BARKER, W.G. Growth and development of the banana plant. **Annals of Botany**, London, v. 33, n. 131, p. 523-535, 1969.

BARRETO, A.N., et al. **Uso do tanque clase "A" na determinação da lâmina de irrigação para a cultura da banana**. Síntese Tecnológica gerada pelo Sistema EMBRAPA. Brasília, DF: EMBRAPA-DID, 1983. 694 p. (EMBRAPA-DTC. Documentos, 3).

BELALCÁZAR CARJAVAL, S.L. **El cultivo del plátano en el trópico**. Cali, Colômbia: Impressora Feriva, 1991. 376 p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1996. 657 p.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGRICULTURA, 1, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Brasília, DF : MMA, SRH, ABEAS; Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p. 79-88.

BOGGES, W.G.; AMERLING, C.B. A bioeconomic simulation analysis of irrigation investments. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Auburn, v. 15, n. 1, p. 85-91, 1983.

BOGGES, W.G, et al. Risk-return assessment of irrigation decisions in humid regions. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Auburn, v. 15, n. 1, p. 135-143, 1983.

BOOTE, K.E.; JONES, J.W.; PICKERING, N.B. Potential uses and limitations of crop models. **Agronomy Journal**, Madison, v. 113, n. 5, p. 704-716, 1998.

BORGES, H.Q. **Avaliação do SISDA para o manejo de irrigação na região de Araçai-MG**. 1999. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Agrícola) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRITO, R.A.L.; SCALOPI, E.J. Estimativa de custos da irrigação por aspersão no Brasil. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 7, 1986, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABID, 1986. v. 3, p. 879-898.

BRUNINI, O. Exigências climáticas e aptidão agroclimática da bananicultura. In: Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura, 1, 1984, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal, SP: FCAV, 1984. p. 99-117.

CAMPOS, G.M. **Bananicultura nos Perímetros Irrigados**. Fortaleza: DNOCS, 1982. 61 p.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. As águas da agricultura. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 27-28, 1998.

CASTRO, A. B. de. O retorno da crise energética. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 11 abr. 2001. Disponível em <http://www.uol.com.br/fsp/>. Acesso em: 11 abr. 2001.

CESAR, S.A.G., et al. Sistemas de produção dentro de uma abordagem metodológica de custos agrícolas. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 117-149, 1991.

CHALLA, H. **Crop growth models for greenhouse climate control**. In: Theoretical procuction Ecology: Reflections and prospect. Rabbinge, R., Goudrian, J., van Keulen, H., Penning de Vries, F.W.T, van Laar, H.H. (eds.) Wageningen: Pudoc, 1990. 175 p.

CHAMPION, J. Note sur les densités et dispositifs de plantation du bananier Nain. **Fruits**, Montpellier, v. 8, n. 4, p. 151-164, 1953.

CHAMPION, J. **El platano**. Barcelona: Editorial Blume, 1975. 104 p.

CLARKE, D.; SMITH, M.; EL-ASKARI, K. **CropWat for Windows**: user guide. Versão 4.2. Rome: FAO, 1998. 43 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE VALE DO SÃO FRANCISCO. **Relatório anual do Perímetro de irrigação em 1998**. Montes Claros: CODEVASF 1º SR, 1999. 20 p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Crise de energia**. Disponível em <http://www.cemig.com.br/crisedeenergia/index.htm>. Acesso em: 15 jun. 2001.

COSTA, L.C. Modelagem e Simulação em Agrometeorologia In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. **Mesas-redondas, Suplemento dos Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 3-20.

COSTA, L.C., et al. Evaluation of a decision support System – SISDA over a wide range of environments and farm management in Brasil. **Quantitative Approaches in Systems Analysis**, Wageningen, n.16, p. 34-39,1999.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Guidelines for predicting crop water requeriments**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

EDITORIAL FOLHA DE SÃO PAULO. Impasses na energia. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 13 fev. 2001. Disponível em <http://www.uol.com.br/fsp/>. Acesso em: 13 fev. 2001.

EDITORIAL FOLHA DE SÃO PAULO. Energia sem Governo. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 10 mai. 2001b. Disponível em <http://www.uol.com.br/fsp/>. Acesso em: 10 mai. 2001.

FAHL, J.I. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6. ed. Campinas, SP: IAC, 1998. p. 104-106. (Boletim, 200).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Statistical database**. Disponível em <http://www.fao.org/>. Acesso em: 22 mar. 2000.

FELÍCIO, J.A.; SPIS, A.C. Racionamento, crise e privatização. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 16 mai. 2001. Disponível em <http://www.uol.com.br/fsp/>. Acesso em: 16 mar. 2001.

FREITAS, A.J. Direito e outorga de uso de água. In**:** RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGRICULTURA, 1, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Brasília, DF : MMA, SRH, ABEAS; Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p. 15-36.

FRIZZONE, J.A.; SILVEIRA, S.F.R. **Análise de viabilidade econômica de projetos hidroagrícolas**. Brasília, DF: ABEAS, 1996. 89 p. (Curso por tutoria à distância. Curso de Gestão de Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Sustentado de Projetos Hidroagrícolas. Módulo, 10).

GANRY, J.; MEYER, J.P. Recherche d'une loi d'action de la temperature sur la croissence des fruits du bananier. **Fruits**, Montpellier, v. 30, n. 6, p. 376-392, 1975.

GHAVAMI, M. Banana plant response to water table levels. **Transaction of the A.S.A.E.**, St. Joseph, v. 19, n. 4, p. 675-677, 1976.

HARRIS, T.R.; MAPP JÚNIOR, H.P. A control theory approach to optimal irrigation scheduling in the Oklahoma panhandle. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 113, n. 3, p. 317-334, 1998.

HEALTH, S.B.; YOUNG, C.P.L. Using computers to add value to learning in Land Use Studies. **Computers in Education**, Guilford, v. 19, p. 49-55, 1992.

HILL, R.W.; HANKS, R.J.; WRIGHT, J.L. **Crop yield models adapted to irrigation scheduling programs**. Agricultural Research Service, U.S.A.: Department of Agriculture, 1982. 90 p. (Research report 99)

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E.M. **Administração da empresa agrícola**. 5. ed. rev. São Paulo: Pioneira, 1987. 325 p.

HOOD, C.P.; McClendon, R.W.; HOOK, J.E. Computer analysis of soybean irrigation management strategies. **Transaction of the A.S.A.E.**, St. Joseph, v. 30, n. 2, p. 417-423, 1987.

IBSNAT. International Benchmark Sites Network for Agrotechnoloy Transfer - project 1989 a. **Documentation for IBSNAT Crop Models Input & Output Files Version 1.1**: for the decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT V. 2.1). IBSNAT project, Honolulu: University of Hawaii, 1989 a. 61 p.

ISRAELI, L.; NAMERI, N. The effect of water salinity on the growth and production of Dwarf Cavendish bananas irrigated by drip irrigation. **International Banana Nutrition Newsletter**. Nedlands. n. 5, p. 12-13, 1982.

ITAL. **Banana**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 3. ed. Campinas: ITAL, 1990. 302 p. (ITAL. Frutas Tropicais, 3).

JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requeriments**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 332 p.

JONES, J.W. Crop growth, development and production. In: Symposium of the American Society of Agricultural Engineers, 1991, Chicago, Illionois. **Proccedings…** Chicago, Illionois: A.S.A.E., 1991. p. 447-457.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Champman & Hall, 1990. 652 p.

LANNA, A.E. **Análise econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília, DF: ABEAS, 1989. 159 p.

LANNA, A .E. Instrumentos de gestão ambiental. **Métodos de gerenciamento de Bacia Hidrográfica**. Brasília, DF: IBAMA, 1994. p. 57-71.

LEFTWICH, R. **O sistema de preços e a alocação de recursos**. Tradução por Maria Tereza de Oliveira Audi; supervisão editorial Pedro Tuccori. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 1994. 452 p.

LEITE, A.D. Racionamento de energia não decorre só das chuvas. **Estado de S. Paulo**, São Paulo, 29 mar. 2001. Disponível em <http://www.estadao.com.br/>. Acesso em: 29 mar. 2001.

LEITE, C.A.M.; COSTA, F.A.; VALE, S.M.R. **Planejamento da empresa rural**. Brasília, DF: ABEAS, 1996. 56 p. (Curso de Administração Rural - Módulo 4)

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA. **IBGE**, Rio de Janeiro, v. 11, n.8, ago. 1998.

LIMA, C.A. de S.; MEIRELLES, M.L. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12 , n. 133, p. 61-64, 1986.

LYNNE, G.D.; BOGGES, W.G.; PORTIER, K.M. Irrigation water supply as a bioeconomic process. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Auburn, v. 16, n. 2, p. 73-82, 1984.

MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C.; LEAL, B.G. SISDA - Sistema de Suporte à decisão Agrícola. In: Congresso da SBI-Agro (Agrosoft 97) 1, 1997, Belo Horizone, MG. **Anais...** Belo Horizonte, MG: Agrosoft, CTSoft, SBI-Agro, 1997. p. 377-382.

MARCIAI-BENDEZÚ, J., et al. **Efeito de diferentes níveis de umidade do solo na produção do 1.º e 2.º cacho da bananeira (Musa cavendishii, Lambert) cv. Nanica**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 24 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 14).

MARINATO, R. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 63, p. 42-45, 1980.

MARTIN, N.B., et al. Custos: sistema de custo de produção agrícola. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 9, 1994.

MARTIN, N.B., et al. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, 1998.

MATSUNAGA, M., et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MELO, J.F. **Custo da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. 1993. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MOREIRA, R.S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335 p.

NEVES, E.M.; SHIROTA, R. **Considerações sobre a importância, determinação e atualização dos custos agrícolas**; programa de treinamento do BANESPA. Piracicaba: FEALQ, 1986. 23 p.

NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários**: Administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

PAIVA, P.B. Melhora qualidade da banana mineira. **Gazeta Mercantil**, Rio de Janeiro, 8 set. 1999. Finanças & Mercados, p. B-22.

PEREIRA, A.R. Simulação do crescimento e da produtividade. In: Simpósio sobre Manejo de Água na Agricultura, 1997. Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Fudação Cargil., 1987. v. 17, p. 201-209.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PEREIRA JÚNIOR, J.S. Por que gerir os recursos hídricos? **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 16-19, 1998.

QUEIROZ, J.W. de; FRANCA, M.C; LEITE, P.S. **Estudos sobre a agroindústria no Nordeste**: caracterização e hierarquização de pólos agroindustriais. Fortaleza, CE: SNI/BNB, ETENE, 1990. v. 5, 137 p. (BNB. Estudos Econômicos e Sociais, 38).

RAPOSO, J.R. **A rega por aspersão**. Lisboa: Clássica Editora, 1979. 339 p.

RODRIGUES, F.A. Os caminhos das águas. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 23-26, 1998.

SAMPATH, R.K. Issues in irrigation pricing in developing countries. **World Development**, Oxford, v. 20, n. 7, p. 967-977, 1992.

SAMUELSON, P.A.; NORDHAUS, W.D. **Economia**. Tradução por Elsa Nobre Fontainha e Jorge Pires Gomes. 14. ed. Lisboa: McGraw-Hill, 1993. 908 p.

SANTOS, J.R.M. Irrigar é preciso. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 29-34, 1998.

SAVASINI, J.A.A. Conseqüências do racionamento de energia. **Gazeta Mercantil**, Rio de Janeiro, 14 mai. 2001. Disponível em <http://www.gazetamercantil.com.br/>. Acesso em: 14 mai. 2001.

SCALOPI, E.J. Exigências de energia para irrigação. **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 13-17, 1985.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos**: cultivo y comercializacion. 2. ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprenta LIL, 1992. 674 p.

STEWART, J.I.; HAGAN, R.M. Functions to predict effects of crop water deficits. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 99, n. 4, p. 421-439, 1973.

STOVER, .G.; SIMMONDS, N.W. **Bananas**. New York: Longman Scientific & Technical. 1987. 468 p.

THOMPSON, G.T.; SPIESS, L.B.; KRDER, J.N. **Farm resources system selection**. In: Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph, MI:ASAE, 1980. p. 45-73.

TROCHOULIAS, T.; CHARKER, F.C. Irrigation bananas efficiently. **Agricultura Gazette of the New South Walles**, Sidney, v. 86, n. 2, p. 12, 1975.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Levantamento de reconhecimento dos solos da Bacia de irrigação do Rio Gorutuba**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1970. 143 p.

VANDEN BULCKE, M., et al. **Users' manual of SIMIS** (Scheme Irrigation Management Information System). Versão 2.0. Rome: FAO, 1996. 238 p.

WETZSTEIN, M.E., et al. Efficiency of criteria and risk aversion: An empirical evaluation. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Auburn, v. 20, n. 1, p. 171-178, 1988.

YOUNG, C.P.L.; HEALTH, S.B. Using computer-assisted learning in Horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 350, p. 59-66, 1993.

ANEXO

ANEXO A

Dados de entrada

Figura 1 A – Tela principal do programa SISDA.

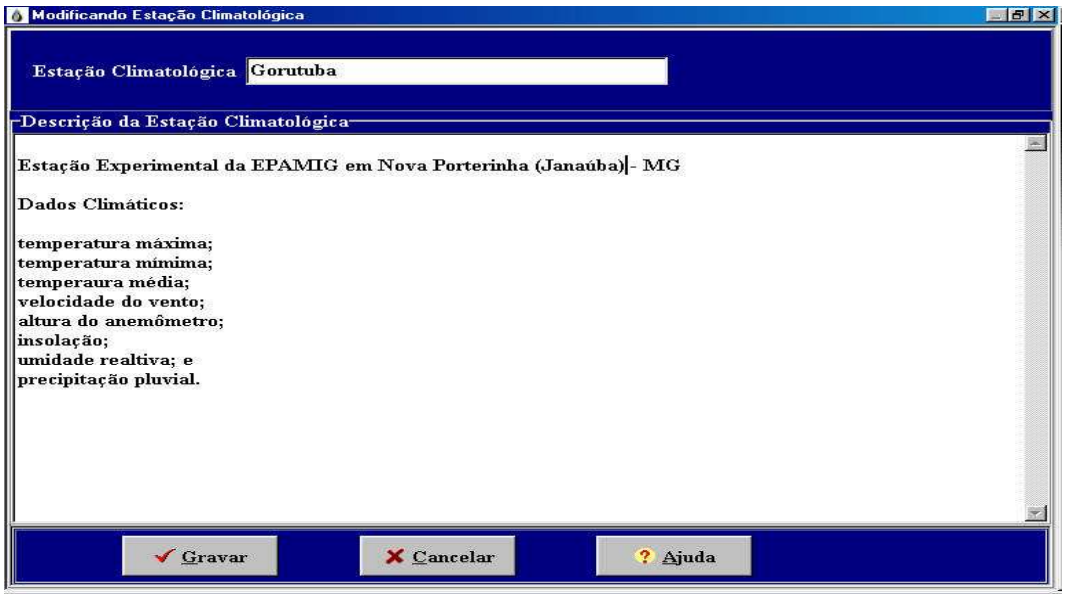


Figura 2 A - Cadastro da estação climatológica.

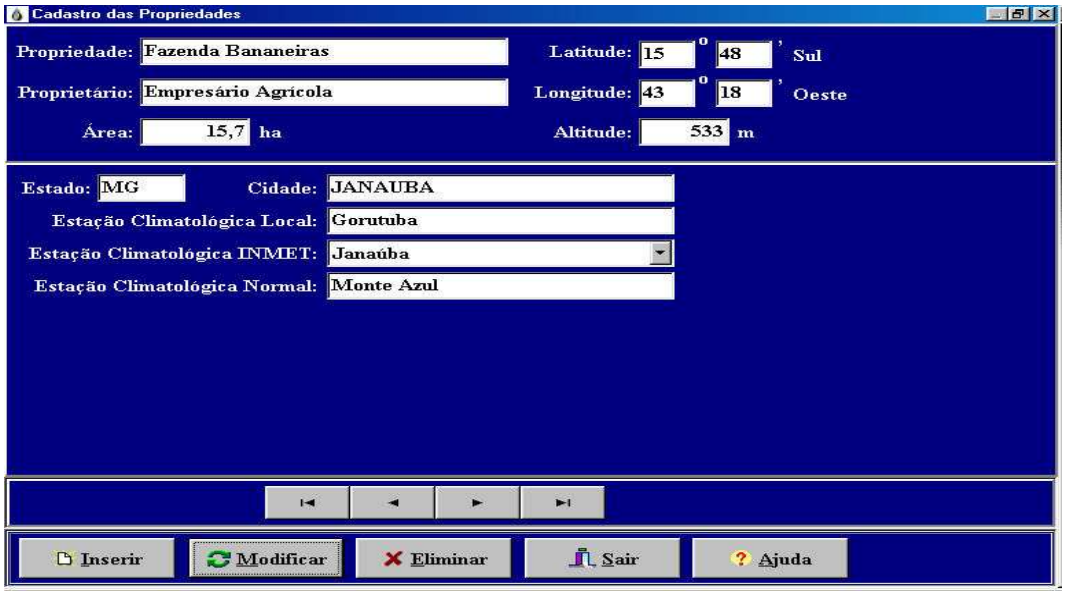


Figura 3 A - Cadastro da propriedade agrícola.

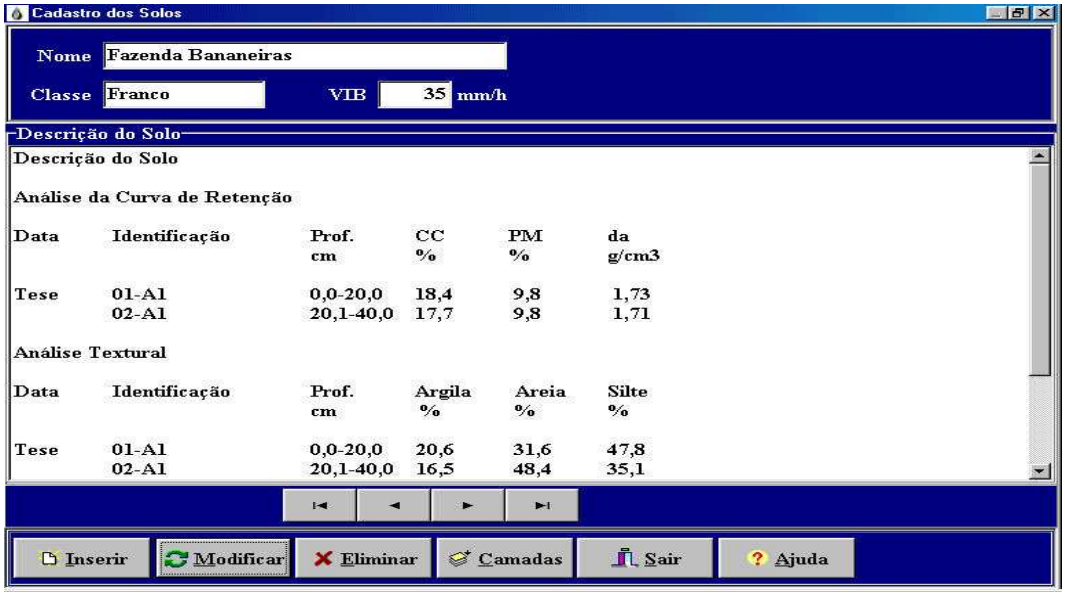


Figura 4 A - Cadastro do solo da propriedade agrícola.

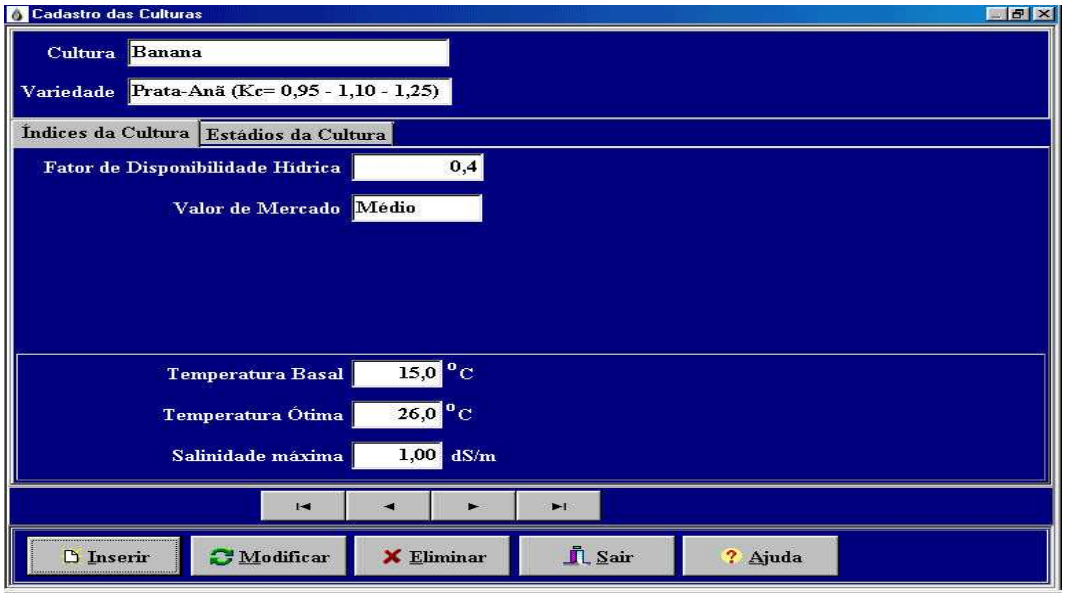
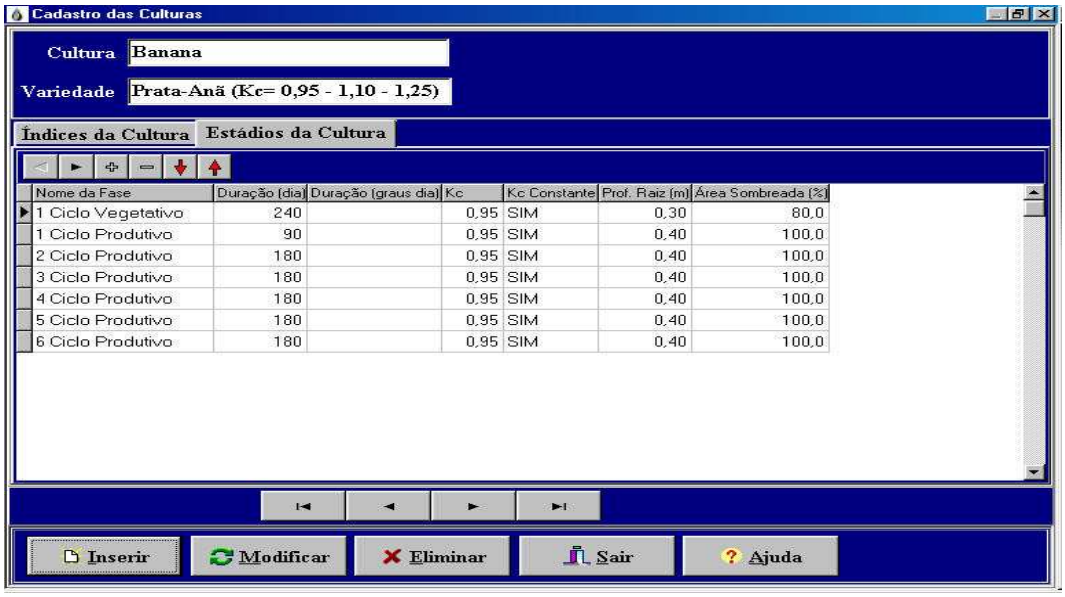


Figura 5 A - Cadastro dos índices da cultura.



Nome da Fase	Duração (dia)	Duração (graus dia)	Kc	Kc Constante	Prof. Raiz (m)	Área Sombreada (%)
1 Ciclo Vegetativo	240		0,95	SIM	0,30	80,0
1 Ciclo Produtivo	90		0,95	SIM	0,40	100,0
2 Ciclo Produtivo	180		0,95	SIM	0,40	100,0
3 Ciclo Produtivo	180		0,95	SIM	0,40	100,0
4 Ciclo Produtivo	180		0,95	SIM	0,40	100,0
5 Ciclo Produtivo	180		0,95	SIM	0,40	100,0
6 Ciclo Produtivo	180		0,95	SIM	0,40	100,0

Figura 6 A - Cadastro dos estádios da cultura.

Figura 7 A - Cadastro dos equipamentos de irrigação por micro aspersão.

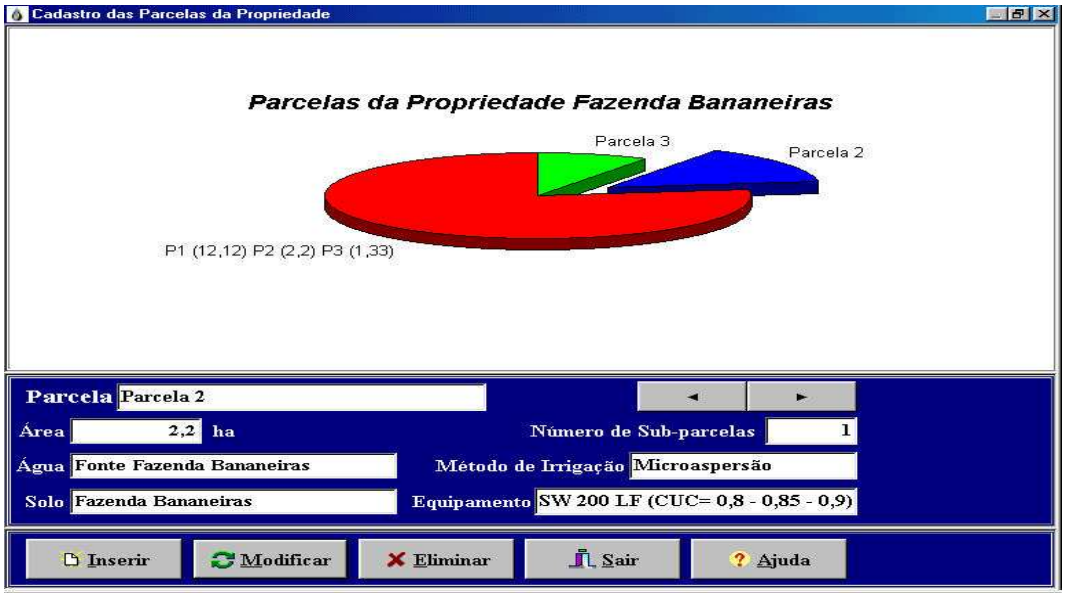


Figura 8 A - Cadastro das parcelas da propriedade agrícola.

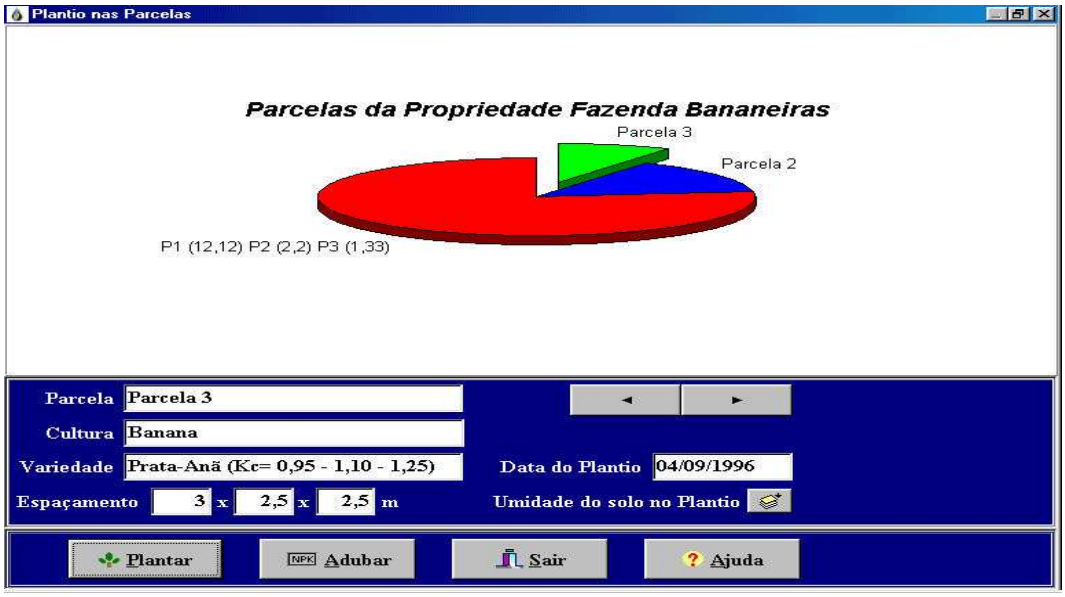


Figura 9 A - Cadastro do plantio das parcelas da propriedade agrícola.

Figura 10 A – Manejo das parcelas da propriedade agrícola.

ANEXO B

Dados de Saída

QUADRO 1B - Resenha com dados de entrada [precipitção (Prec, mm)], dados de saída [evapotranspiação de referência (ETo, mm), evapotranspiração da cultura (ETc, mm), irrigação real necessária (IRN, mm) e irrigação total necessária (ITN, mm)] e irrigação realizada pelo SISDA (IS, mm) para o sistema de irrigação adotado pelo empresário agrícola, para os Cenários 1, 2, 3 e 4, para o ano de 1998 e 1999

			Cen. 1				Cen. 2				Cen. 3				Cen. 4			
Data	Prec	ETo	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS
J-98	151,8	150,0	138,9	131,7	189,9	91,6	138,9	131,7	178,1	85,9	138,9	131,7	167,7	80,9	160,0	153,8	221,6	107,6
F-98	131,8	145,1	133,8	139,5	201,1	115,1	133,8	139,5	188,6	107,9	133,8	139,5	177,6	101,6	154,1	163,5	235,7	134,1
M-98	16,0	169,5	154,4	223,4	321,9	179,5	154,4	223,4	302,0	168,4	154,4	223,3	284,3	158,5	177,4	257,5	371,1	207,9
A-98	0,5	154,2	141,1	198,5	286,1	179,1	141,1	198,5	268,3	167,9	141,1	198,5	252,6	158,1	162,3	228,3	329,0	206,0
M-98	1,5	134,0	123,1	179,7	259,0	151,4	123,2	179,6	242,9	142,0	123,2	179,7	228,7	133,7	141,7	207,1	298,5	174,6
J-98	0,0	116,4	107,1	160,6	231,5	138,7	107,1	160,6	217,1	130,1	107,1	160,6	204,4	122,5	123,3	184,9	266,5	159,8

Continua…

QUADRO 1B, Cont.

			Cen. 1				Cen. 2				Cen. 3				Cen. 4			
Data	Prec	ETo	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS
J-98	0,0	114,4	106,0	144,6	208,5	136,5	106,1	140,2	189,4	129,6	106,0	144,6	184,1	120,5	122,2	166,7	240,3	157,3
A-98	0,0	149,0	136,2	203,0	292,6	173,4	136,2	203,0	274,4	162,6	136,2	203,0	258,4	153,1	156,7	233,4	336,4	199,5
S-98	0,0	162,9	149,1	208,3	300,2	186,1	149,1	208,3	281,5	174,5	149,1	208,3	265,1	164,3	171,5	239,3	344,9	214,0
O-98	52,0	154,8	141,9	176,6	254,6	145,3	141,8	176,7	238,8	136,3	141,8	176,7	224,8	128,3	163,2	204,9	295,3	169,0
N-98	259,4	113,5	106,2	93,6	134,9	71,8	106,2	93,6	126,5	67,3	106,2	93,6	119,1	63,4	122,5	111,0	160,0	85,9
D-98	172,8	138,5	127,8	140,7	202,9	113,0	127,8	140,7	190,3	106,0	127,8	140,7	179,1	99,8	147,1	163,0	234,9	130,8
J-99	96,8	154,9	142,4	177,1	255,2	144,2	142,4	177,0	239,3	135,2	142,4	177,0	225,4	127,3	164,0	205,5	296,2	167,5
F-99	37,2	148,3	135,4	172,8	249,0	166,7	135,4	172,8	233,6	156,4	135,4	172,8	219,9	147,2	155,7	198,9	286,7	191,9
M-99	84,6	131,4	121,7	136,2	196,3	117,6	121,7	136,2	184,2	110,3	121,7	136,2	173,4	103,8	140,3	157,1	226,4	136,5
A-99	6,0	148,6	136,4	183,4	264,4	165,5	136,4	183,3	247,9	155,2	136,4	183,4	233,4	146,1	156,9	212,5	306,2	191,6
M-99	2,4	124,1	114,6	162,9	234,9	144,1	114,6	163,0	220,3	135,1	114,6	163,0	207,5	127,2	132,0	188,0	271,0	166,4
J-99	0,0	88,5	82,4	112,5	162,2	103,9	82,4	112,6	152,2	97,5	82,4	112,6	143,3	91,8	95,2	129,8	187,1	120,0
J-99	1,0	115,1	106,6	150,9	217,5	126,1	106,6	150,9	204,0	118,2	106,6	150,9	192,1	111,3	122,8	174,3	251,2	145,5

Continua…

QUADRO 1B, Cont.

			Cen. 1				Cen. 2				Cen. 3				Cen. 4			
Data	Prec	ETo	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS
A-99	0,1	136,5	125,6	176,9	255,0	160,1	125,6	176,9	239,1	150,2	125,6	176,9	225,2	141,4	144,7	203,7	293,6	184,5
S-99	4,1	146,5	134,4	188,1	271,1	164,7	134,4	188,1	254,3	154,4	134,4	188,1	239,5	145,4	154,6	216,3	311,8	189,5
O-99	45,8	153,2	141,2	167,8	241,8	151,7	141,2	167,8	226,8	142,3	141,2	167,8	213,6	134,0	162,5	195,3	281,6	177,1
N-99	316,0	108,2	100,5	93,8	135,1	84,9	100,5	93,8	126,7	79,6	100,5	93,7	119,3	75,0	115,9	107,9	155,6	98,0
D-99	217,0	138,3	128,0	134,7	194,1	110,5	128,0	134,7	182,0	103,6	128,0	134,7	171,4	97,6	147,6	155,7	224,4	127,7
1998	786	1.702	1.566	2.000	2.883	1.681	1.566	1.996	2.698	1.578	1.566	2.000	2.546	1.485	1.802	2.313	3.334	1.946
1999	811	1.594	1.469	1.857	2.677	1.640	1.469	1.857	2.510	1.538	1.469	1.857	2.364	1.448	1.692	2.145	3.092	1.896

QUADRO 2B - Resenha com dados de saída [evapotranspiração da cultura (ETc, mm), irrigação real necessária (IRN, mm), irrigação total necessária (ITN, mm)] e irrigação realizada pelo SISDA (IS, mm) para o sistema de irrigação adotado pelo empresário agrícola, para os Cenários 5, 6, 7, 8 e 9, para o ano de 1998 e 1999

	Cen. 5				Cen. 6				Cen. 7				Cen. 8				Cen. 9			
Data	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS
J-98	160,0	153,8	207,9	100,9	160,0	153,8	195,8	95,0	180,9	175,5	253,0	123,4	180,9	175,5	237,3	115,7	180,9	175,6	223,4	108,9
F-98	154,1	163,5	221,1	125,8	154,1	163,5	208,1	118,5	174,1	187,2	269,8	153,0	174,1	187,2	253,1	143,5	174,1	187,2	238,3	135,1
M-98	177,4	257,4	348,1	195,0	177,4	257,5	327,7	183,5	200,1	291,1	419,5	237,0	200,1	291,5	394,1	222,3	200,1	291,6	371,1	209,3
A-98	162,3	228,3	308,6	193,2	162,3	228,3	290,6	181,9	183,3	257,5	371,2	232,5	183,3	257,6	348,2	218,1	183,3	257,6	327,8	205,3
M-98	141,7	207,1	280,0	163,7	141,7	207,1	263,6	154,1	160,2	234,2	337,6	197,4	160,2	234,2	316,6	185,2	160,2	234,2	298,1	174,4
J-98	123,3	184,9	249,9	149,9	123,3	184,9	235,3	141,1	139,4	208,8	301,0	180,6	139,4	208,9	282,3	169,4	139,4	208,9	265,8	159,5
J-98	122,2	166,7	225,4	147,6	122,2	166,8	212,2	138,9	138,3	188,5	271,7	178,0	138,3	188,5	254,9	167,0	138,3	188,5	240,0	157,2
A-98	156,7	233,4	315,5	187,1	156,7	233,4	297,1	176,2	176,9	263,3	379,5	225,3	176,9	263,3	356,0	211,3	176,8	263,3	335,1	198,9
S-98	171,5	239,3	323,5	200,7	171,5	239,3	304,6	188,9	193,6	269,8	388,8	241,5	193,6	269,7	364,7	226,5	193,6	269,7	343,3	213,2
O-98	163,2	204,9	277,0	158,5	163,2	204,9	260,7	149,3	184,2	232,6	335,2	192,4	184,2	232,6	314,4	180,4	184,2	232,6	296,0	169,9
N-98	122,5	111,0	150,0	80,5	122,5	111,0	141,3	75,8	138,7	128,6	185,3	100,4	138,7	128,6	173,8	94,1	138,7	128,6	163,6	88,6
D-98	147,1	163,0	220,3	122,7	147,1	163,0	207,5	115,5	166,3	185,0	266,6	148,3	166,3	184,9	250,0	139,1	166,3	185,0	235,4	131,0
J-99	164,0	205,5	277,9	157,1	164,0	205,5	261,6	147,9	185,2	233,6	336,7	190,5	185,2	233,6	315,8	178,7	185,2	233,6	297,3	168,2

Continua…

QUADRO 2B, Cont.

	Cen. 5	Cen. 6	Cen. 7	Cen. 8	Cen. 9

Data	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS	ETc	IRN	ITN	IS
F-99	155,7	198,9	268,9	180,0	155,7	198,9	253,2	169,4	175,7	224,6	323,7	216,6	175,7	224,6	303,6	203,1	175,7	224,6	285,9	191,3
M-99	140,3	157,1	212,4	128,0	140,3	157,1	200,0	120,5	158,7	178,0	256,5	155,2	158,7	178,0	240,6	145,6	158,7	178,0	226,5	137,1
A-99	156,9	212,4	287,2	179,7	156,9	212,5	270,4	169,2	177,2	241,0	347,4	217,3	177,2	241,0	325,8	203,8	177,2	241,0	306,7	191,9
M-99	132,0	188,0	254,1	156,1	132,0	188,0	239,2	146,9	149,2	212,6	306,5	188,5	149,2	212,6	287,5	176,8	149,2	212,6	270,6	166,5
J-99	95,2	129,8	175,5	112,5	95,2	129,8	165,2	105,9	107,8	146,9	211,8	135,8	107,8	147,0	198,7	127,4	107,8	147,0	187,1	120,0
J-99	122,8	174,3	235,6	136,5	122,8	174,3	221,9	128,5	139,0	197,4	284,6	164,9	139,0	197,4	266,9	154,6	139,0	197,5	251,3	145,6
A-99	144,7	203,7	275,3	173,0	144,7	203,7	259,2	162,9	163,6	230,0	331,5	208,5	163,6	230,0	310,9	195,6	163,6	230,0	292,7	184,2
S-99	154,6	216,4	292,5	177,7	154,6	216,3	275,4	167,3	174,6	244,1	351,8	213,9	174,6	244,1	329,9	200,6	174,6	244,1	310,7	188,9
O-99	162,5	195,4	264,1	166,1	162,5	195,3	248,6	156,4	183,6	222,5	320,7	202,1	183,6	222,5	300,8	189,5	183,6	222,5	283,2	178,5
N-99	115,9	108,0	145,9	91,9	115,9	108,0	137,4	86,5	131,2	122,0	175,8	111,0	131,2	122,0	164,9	104,1	131,2	122,0	155,2	98,0
D-99	147,6	155,7	210,5	119,7	147,6	155,7	198,2	112,7	167,0	176,4	254,3	144,7	167,0	176,4	238,5	135,7	167,0	176,5	224,6	127,7
1998	1.802	2.313	3.127	1.826	1.802	2.313	2.944	1.719	2.036	2.622	3.779	2.210	2.036	2.622	3.545	2.073	2.036	2.623	3.338	1.951
1999	1.692	2.145	2.900	1.778	1.692	2.145	2.730	1.674	1.913	2.429	3.501	2.149	1.913	2.429	3.284	2.016	1.913	2.429	3.092	1.898