



ISSN 1518-4277

Dezembro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 69**

# **Avaliação de Estratégias de Produção em Agricultura Irrigada no Perímetro de Irrigação do Jaíba**

João Carlos Ferreira Borges Júnior  
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade  
Paulo Afonso Ferreira  
Flávio Gonçalves de Oliveira  
Expedito José Ferreira  
José Aloizio Nery

Sete Lagoas, MG  
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone:(31) 3779 1000  
Fax: (31) 3779 1088  
Home page: www.cnpms.embrapa.br  
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino  
Secretário-Executivo: Paulo César Magalhães  
Membros: Camilo de Lélis Teixeira de Andrade, Carlos Roberto Casela, Flávia França Teixeira, José Hamilton Ramalho e Jurandir Vieira Magalhães

Revisor de texto: Clenio Araujo  
Normalização bibliográfica: Maria Tereza Rocha Ferreira  
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

**1ª edição**

1ª impressão (2008): 200 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Avaliação de estratégias de produção em agricultura irrigada no perímetro de irrigação do Jaíba / Borges Júnior... [et al]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 74p. : 14,8 x 21 cm. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277, 69)

1. Irrigação. 2. Otimização. 3. Modelagem. 4. Rentabilidade. 5. Água. I. Borges Júnior, João Carlos Ferreira. II. Andrade, Camilo de Lelis Teixeira de. III. Ferreira, Paulo Afonso. IV. Oliveira, Flávio Gonçalves de. V. Ferreira, Expedido José. VI. Nery, José Aloizio. VII. Série.

---

# **Autores**

**João Carlos Ferreira Borges Júnior**

Eng. Agrícola, Professor, Univ. Federal Rural do Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns, PE

**Camilo de Lelis Teixeira de Andrade**

Eng. Agrícola, Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, Km 65, Zona Rural, Caixa Postal 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG, Tel 31 3779 1235

**Paulo Afonso Ferreira**

Eng. Agrônomo, Professor, Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, MG

**Flávio Gonçalves de Oliveira**

Eng. Agrícola, Professor, Univ. Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG

**Expedito José Ferreira**

Eng. Agrônomo, Codevasf, 1ª SR, Montes Claros, MG

**José Aloizio Nery**

Eng. Agrônomo, Emater-MG, Gerente Regional Projeto Jaíba, Jaíba, MG

# Sumário

Resumo .....	7
1. Introdução .....	8
1.1. Levantamento de dados relativos a culturas, clima, solo e parâmetros econômicos .....	9
1.2. Dados de requerimento de irrigação e produtividade relativa .....	20
2. Conclusões .....	53
3. Literatura Citada .....	54
Anexo 1 .....	58
Anexo 2 .....	66
Anexo 3 .....	70

# **Avaliação de Estratégias de Produção em Agricultura Irrigada no Perímetro de Irrigação do Jaíba**

---

*João Carlos Ferreira Borges Júnior  
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade  
Paulo Afonso Ferreira  
Flávio Gonçalves de Oliveira  
Exedito José Ferreira  
José Aloizio Nery*

## **Resumo**

Apresenta-se aqui o relatório de projeto de pesquisa, parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, que teve como objetivo gerar uma base de informações para dar suporte a decisões relativas ao manejo da irrigação e ao planejamento para o perímetro de irrigação Jaíba. O relatório compreende o período de 10 de agosto de 2005 a 10 de agosto de 2007. Informações técnicas e econômicas de cinco culturas perenes e quinze anuais foram levantadas na literatura internacional, nacional e local e em relatórios dos distritos de irrigação Jaíba e Gorutuba e da Codevasf. Séries históricas de dados de clima foram obtidas na Embrapa Milho e Sorgo. Foram utilizados parâmetros hidrodinâmicos e de retenção de água do solo já determinados. Os coeficientes técnicos dos custos de produção foram obtidos no distrito de irrigação Jaíba e, para os custos dos fatores de produção, foram considerados valores médios para o Norte de Minas Gerais atualizados para dezembro de 2006. Consideraram-se os custos de água de irrigação praticados no perímetro e os preços de venda dos produtos foram ajustados com base em uma série histórica, corrigida pelo IPCA, obtida junto aos distritos de irrigação, Emater-MG e Codevasf e preços recebidos no Ceasa-MG em diferentes épocas do ano. Os requerimentos totais de irrigação (RIT) e as produtividades relativas totais

(YRT) foram obtidos mediante simulações com o modelo MCID. Posteriormente, essas informações foram empregadas nos estudos de otimização de padrão de cultivo, associados à análise de risco, na definição de coeficientes técnicos relativos à função objetivo e na definição de restrições no modelo de programação linear. Visando demonstrar a aplicação das ferramentas de otimização de padrão de cultivo e de requerimento de água, foi construído um modelo de programação linear associado à análise de risco. Para executar a análise de risco, empregou-se o modelo P-Risco, no qual algumas variáveis de entrada e de saída são consideradas de forma estocástica, tendo a elas associada uma distribuição de probabilidade de ocorrência. Para a propriedade de 19 hectares do perímetro Jaíba, o ponto de máximo valor presente líquido total foi igual a R\$ 278.394,48, ocorrendo, todavia, restrição de água em alguns meses nos quatro anos do cenário analisado. Entretanto, para um valor presente líquido total de R\$ 275.000,00, ou seja, 1,22% menor que o máximo, verificou-se uma redução de 11,65% no requerimento de água para as culturas. Quando foi realizada a análise de risco, com base na probabilidade de ocorrência de certas variáveis de entrada do modelo, o valor presente líquido total (VPLT), para a propriedade de 19 hectares do perímetro Jaíba, foi reduzido para R\$ 211.973,71, ou seja, 24% inferior ao valor obtido para um cenário de quatro anos apenas. Além do mais, quando se trabalha com rentabilidade máxima, existe uma probabilidade de 50% de que o requerimento de irrigação total (RIT) seja superior ao valor permitido, o que poderia comprometer a sustentabilidade do empreendimento devido ao risco de escassez de água. Todavia, quando se trabalha com uma rentabilidade menor, não se verifica risco de restrição de água. Essas análises demonstram a poderosa capacidade das ferramentas propostas para o planejamento e para o auxílio à tomada de decisões em propriedades de perímetros irrigados.

## 1. Introdução

Este relatório é relativo às atividades desenvolvidas no escopo do projeto “Avaliação de estratégias de produção em agricultura irrigada nos perímetros de irrigação do Jaíba e do Gorutuba”,

parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq.

Aqui serão apresentadas informações relacionadas ao perímetro de irrigação Jaíba, no período transcorrido de 10/08/2005 a 10/08/2007. Informações complementares, incluindo a base de dados empregada, são apresentadas nos anexos.

## **1.1. Levantamento de dados relativos a culturas, clima, solo e parâmetros econômicos**

### **1.1.1. *Dados de cultura***

No estudo aqui apresentado foram consideradas vinte culturas no total, sendo cinco perenes e quinze anuais, listadas a seguir.

- Culturas perenes: banana prata-anã, limão, mamão papaya, maracujá, pinha.
- Culturas anuais: abóbora japonesa, alface semente, algodão, cebola inverno, cebola verão, cenoura, feijão, melancia, melancia semente, melão, milho, pepino conserva, quiabo, quiabo semente, tomate mesa.

Foram levantados os seguintes dados relativos às culturas consideradas no estudo: duração de estádios fenológicos e ciclos, coeficientes de cultura ( $K_c$ ), fatores de resposta ( $K_y$ ), fatores de disponibilidade de água ( $f$ ), profundidade efetiva do sistema radicular ( $profr$ ) e produtividade potencial ( $Y_p$ ). Estes dados foram obtidos da literatura especializada, em diferentes estudos, como nos boletins 56 (Allen et al., 1998) e 33 (Doorenbos e Kassam, 1979) da FAO. Contudo, em alguns casos, ajustes foram feitos visando à adequação às condições locais. Os dados de cultura são apresentados nas tabelas 1 a 6.

Os dados de produtividade potencial (Tabela 2) foram definidos com base em relatórios técnicos do Distrito de Irrigação do Jaíba, DIJ, de 1999 a 2006, e na literatura especializada.

**Tabela 1.** Duração dos estádios e dos ciclos das culturas consideradas no estudo.

Cultura	Duração (dias) – estádios e ciclo					Fonte e OBS
	I	II	III	IV	Ciclo	
Abóbora japonesa	25	35	25	15	100	FAO 56 <sup>1</sup> (Squash)
Alface semente	20	30	15	10	75	FAO 56 tab 11 cap 6 - april mediterraneo
Algodão	15	20	45	20	100	Embrapa, aumentado ligeiramente para atingir 100
Banana prata-anã - ano 1	120	90	120	34	364	FAO 56, ajustado para 364 dias
Cebola inverno	15	25	45	35	120	Com base no FAO 56 e programa SISDA <sup>2</sup>
Cebola verão	15	25	45	35	120	Com base no FAO 56 e programa SISDA
Cenoura	18	24	36	12	90	Adaptado do FAO 56 (table 11, Mediterranean, cap6), ajustando para ciclo de 90 dias
Feijão	20	30	30	10	90	Cropwat <sup>3</sup>
Limão - ano 1	60	90	120	94	364	FAO 56 Citrus
Mamão papaya - ano 1	40	90	145	89	364	Com base em informações do programa SISDA, mas ajustando-se para 365 dias
Maracujá - ano 1	50	41	0	0		Considerando-se plantio em 01/outubro
Maracujá - ano 2	60	0	120	184		Os valores aqui para duração de estádios visam adequação aos valores de K <sub>c</sub> utilizados
Maracujá - ano 3	30	30	100	70		Os valores aqui para duração de estádios visam adequação aos valores de K <sub>c</sub> utilizados e ao final do ciclo em agosto
Melancia	10	20	20	30	80	FAO 56
Melancia semente	10	20	20	30	80	FAO 56
Melão	18	26	31	15	90	Com base no FAO 56, reduzindo de 120 para 90 dias
Milho	20	34	40	26	120	
Pepino conserva	15	25	25	10	75	FAO 56, diminuindo para 75 dias conforme Embrapa Semi-Árido
Pinha - ano 1	26	50	144	144	364	Estimado com base em Lima et al. (2001), visando exclusivamente ajustes ao requerimento de irrigação e a valores de K <sub>c</sub> empregados
Quiabo fruto	30	30	90	30	180	Paes et al. (2003)
Quiabo semente	30	30	90	30	180	Paes et al. (2003)
Tomate de mesa	15	30	40	30	115	Embrapa - CNPTIA <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Allen et al. (1998); <sup>2</sup> Mantovani et al. (2003); <sup>3</sup> Programa computacional desenvolvido pela Land and Water Development Division - FAO;

<sup>4</sup><http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/irrigacao.htm>.



**Tabela 2.** Valores de produtividade potencial, Yp, considerados no estudo.

Culturas	Yp (ton/ha) <sup>1</sup>
Abóbora japonesa	15
Alface semente	1,76
Algodão	2
Banana prata-anã ano 1	0
Banana prata-anã anos 2 a 4	27
Cebola inverno	25,6
Cebola verão	32
Cenoura	27
Feijão	2,3
Limão ano 1	0
Limão ano 2	5
Limão ano 3	10
Limão ano 4	20
Limão anos 5 e 6 <sup>2</sup>	25
Mamão papaya ano 1	12
Mamão papaya ano 2	51
Mamão papaya ano 3	27
Maracujá ano 1 (plantio em outubro)	0
Maracujá ano 2	15
Maracujá ano 3 (final do ciclo em agosto)	20
Melancia	25
Melancia semente	0,68
Melão	27
Milho	5
Pepino conserva	23
Pinha anos 1 e 2	0
Pinha ano 3	6,8
Pinha ano 4	10,2
Pinha ano 5 e 6 <sup>2</sup>	12,8
Quiabo fruto	10
Quiabo semente	1,1
Tomate de mesa	70

<sup>1</sup> Valores definidos com base em relatórios técnicos do Distrito de Irrigação do Jaíba, DIJ, de 1999 a 2006, e na literatura especializada.

<sup>2</sup> Empregado no cálculo de resíduos além do horizonte de quatro anos.

**Tabela 3.** Valores de fator de resposta,  $K_y$ , dos estádios e ciclos das culturas consideradas.

Cultura	$K_y$ – estádios e ciclo					Fonte e OBS
	I	II	III	IV	Ciclo	
Abóbora japonesa					1,00	Sem fonte
Alface semente					1,00	Sem fonte
Algodão	0,40	0,40	0,50	0,40	0,90	Cropwat <sup>1</sup>
Banana prata-anã	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	Cropwat
Cebola inverno	0,45	0,45	0,80	0,30	1,10	FAO 33 <sup>2</sup>
Cebola verão	0,45	0,45	0,80	0,30	1,10	FAO 33
Cenoura					1,00	Sem fonte
Feijão	0,20	0,60	1,00	0,40	1,15	Cropwat
Limão					1,00	FAO 33 Citrus
Mamão papaya					1,00	Sem fonte
Maracujá					1,00	Sem fonte
Melancia	0,60	0,80	0,80	0,30	1,10	FAO 33
Melancia semente	0,60	0,80	0,80	0,30	1,10	FAO 33
Melão					1,10	Sem fonte; considerado igual ao da melancia
Milho	0,40	0,40	1,30	0,50	1,25	Cropwat
Pepino conserva					1,00	Sem fonte
Pinha					1,00	Sem fonte
Quiabo fruto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Sem fonte
Quiabo semente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Sem fonte
Tomate de mesa	0,50	0,60	1,10	0,80	1,05	FAO 56 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa desenvolvido pela Land and Water Development Division - FAO;

<sup>2</sup> Doorenbos e Kassam (1979);

<sup>3</sup> Allen et al. (1998).

**Tabela 4.** Valores de fator de disponibilidade de água, f, considerados no estudo.

Cultura	f - estádios e ciclo					Fonte e OBS
	I	II <sup>1</sup>	III	IV	Ciclo	
Abóbora japonesa					0,35	FAO 56 <sup>2</sup> (Squash)
Alface semente					0,20	FAO 56 Tab22 (lettuce): 0,3; considerou-se um valor menor por se trabalhar com semente
Algodão	0,60		0,60	0,90		Cropwat <sup>3</sup>
Banana prata-anã	0,35		0,35	0,35		Cropwat
Cebola inverno	0,35		0,35	0,40		Sem fonte
Cebola verão	0,35		0,35	0,40		Sem fonte
Cenoura					0,35	FAO 56 tabela 22 ETo ~ = 5 mm/di.
Feijão	0,45		0,45	0,60		Cropwat
Limão					0,50	FAO 56 Citrus
Mamão papaya	0,40		0,40	0,45		Sem fonte
Maracujá					0,50	Sem fonte
Melancia					0,40	FAO 56
Melancia semente					0,40	FAO 56
Melão					0,40	Sem fonte; considerado igual ao da melancia
Milho	0,50		0,50	0,80		Cropwat
Pepino conserva					0,50	FAO 56
Pinha					0,40	Sem fonte
Quiabo fruto					0,50	Sem fonte
Quiabo semente					0,50	Sem fonte
Tomate de mesa	0,30	0,50	0,30	0,40	0,40	FAO 56 - valor para o ciclo;

<sup>1</sup> O valor de f no estágio II é calculado interpolando-se os valores dos estádios I e III, ponderando-se com base no número de dias após plantio ou semeadura;

<sup>2</sup> Allen et al., (1998);

<sup>3</sup> Programa computacional desenvolvido pela Land and Water Development Division - FAO.

**Tabela 5.** Valores de profundidade efetiva do sistema radicular, profr, utilizados no estudo.

Cultura	profr (m) – estádios				Fonte e OBS
	I	II <sup>1</sup>	III	IV	
Abóbora japonesa	0,10	0,50	0,50	0,50	Com base no FAO 56 <sup>2</sup> , reduzindo para 0,5 nos estádios finais
Alface semente	0,10	0,30	0,30	0,30	FAO 56 Tab22 (lettuce): 0,3-0,5
Algodão	0,20	0,60	0,60	0,60	Profundidade final com base na Embrapa
Banana prata-anã - ano 1	0,20	0,60	0,60	0,60	SISDA <sup>3</sup> e FAO 56
Cebola inverno	0,20	0,40	0,40	0,40	SISDA
Cebola verão	0,20	0,40	0,40	0,40	SISDA
Cenoura	0,10	0,40	0,40	0,40	
Feijão	0,15	0,40	0,40	0,40	SISDA
Limão - ano 1	0,30	0,70	0,70	0,70	Com base no FAO 56, mas reduzindo a prof. máxima para ajuste à realidade local
Mamão papaya	0,20	0,60	0,60	0,60	Com base em informações no SISDA
Maracujá	0,20	0,60	0,60	0,60	SISDA
Melancia	0,20	0,50	0,50	0,50	
Melancia semente	0,20	0,50	0,50	0,50	
Melão	0,50	1,00	0,70	0,70	Sem fonte; considerado igual ao da melancia
Milho	0,15	0,50	0,50	0,50	
Pepino conserva	0,20	0,50	0,50	0,50	Inferior a 50% do indicado no FAO 56
Pinha - ano 1	0,20	0,60	0,60	0,60	Sem fonte
Quiabo	0,20	0,50	0,50	0,50	Sem fonte
Quiabo semente	0,20	0,50	0,50	0,50	Sem fonte
Tomate de mesa	0,20	0,40	0,40	0,40	

<sup>1</sup> A profr é calculada no estágio II interpolando-se os valores dos estádios I e III, ponderando-se com base no número de dias após plantio ou semeadura;

<sup>2</sup> Allen et al. (1998);

<sup>3</sup> Mantovani et al. (2003).

**Tabela 6.** Coeficientes das culturas,  $K_c$ , utilizados no estudo.

Cultura	$K_c$			Fonte e OBS
	Inicial	Interm.	Final	
Abóbora japonesa	0,50	0,950	0,75	FAO 56 <sup>1</sup> (Squash)
Alface semente	0,60	1,00	0,95	FAO 56 tab 12 cap 6, com redução para estágio I
Algodão	0,66	0,93	0,74	EMBRAPA <sup>2</sup>
Banana prata-anã	0,50	1,10	1,00	Com base no FAO 56 e base do programa SISDA <sup>3</sup>
Cebola inverno	0,70	1,05	0,80	FAO 56
Cebola verão	0,70	1,05	0,80	FAO 56
Cenoura	0,60	1,10	0,50	FAO 29 <sup>4</sup>
Feijão	0,60	1,10	0,85	
Limão	0,50	0,80	0,80	Com base no FAO 56 Citrus, mas reduzi no período inicial
Mamão papaya	0,550	0,70	0,70	Com base no SISDA, mas com alteração
Maracujá - ano 1	0,65	1,18	0,80	Silva et al., 2006
Maracujá - anos 2 e 3	0,80	1,18	0,90	Silva et al., 2006
Melancia	0,40	1,00	0,75	FAO 56
Melancia semente	0,40	1,00	0,75	FAO 56
Melão	0,50	1,00	0,70	Sousa et al. 1999
Milho	0,30	1,20	0,50	Cropwat
Pinha ano 1	0,45	0,75	0,75	Ajustando com base em informações da Emater - PB <sup>5</sup>
Pinha a partir do ano 2	0,75	0,75	0,75	Ajustando com base em informações da Emater - PB <sup>5</sup>
Pepino conserva	0,60	1,00	0,75	FAO 56
Quiabo	0,50	1,00	0,30	Paes et al., 2003
Quiabo semente	0,50	1,00	0,30	Paes et al., 2003
Tomate de mesa	0,55	1,05	0,65	FAO 33, com acréscimo de 0,05 para estágio inicial

<sup>1</sup>Allen et al., (1998); <sup>2</sup><http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/irrigacaonecessidadeshidricas.htm>

<sup>3</sup> Mantovani et al. (2003); <sup>4</sup> Doorenbos e Pruitt (1977); <sup>5</sup> <http://seghidro.lsd.ufcg.edu.br/twiki-public/bin/view/SegHidro/SegHidroEmaterCulturas?skin=print.pattern>

### **1.1.2. Dados de clima**

Dados de elementos climáticos precipitação, temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa média do ar, insolação e velocidade do vento, em base diária, para a estação climatológica de Mocambinho, foram obtidos junto à Embrapa Milho e Sorgo, provenientes do Inmet através de convênio. A série histórica compreendeu um período de 28 anos, de 1977 a 2004. A evapotranspiração de referência foi calculada por meio do programa REF-ET<sup>1</sup> (Window Version 2.0), pelo método FAO Penman-Monteith, cujos algoritmos (Allen et al., 1998) auxiliaram também no preenchimento de falhas de dados.

### **1.1.3. Dados de solo**

Os dados de solo foram obtidos junto ao Distrito de Irrigação do Jaíba, DIJ, para a área da Etapa 1 (Tabela 7).

<sup>1</sup><http://www.kimberly.uidaho.edu/ref-et/>

**Tabela 7.** Parâmetros físico-hídricos de solos da Etapa 1 do perímetro do Jaíba

		Latossolo Amarelo Álico 1	Latossolo Amarelo Álico 2	Latossolo Vermelho Amarelo Álico	Latossolo Vermelho Escuro Álico	Areia Quartzosa Álica	Podzólico Vermelho Amarelo Álico	Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico
Percentual da área (Etapa I)		25%	22%	8%	2%	3,2%	6%	2%
CC	%peso	4,60	6,10	12,90	7,30	5,60	6,80	16,80
PM	%peso	3,20	3,90	10,30	4,80	2,40	4,80	11,00
Ds	g/cm <sup>3</sup>	1,46	1,45	1,33	1,46	1,42	1,18	1,13
CC	%vol	6,72	8,85	17,16	10,66	7,95	8,02	18,98
PM	%vol	4,67	5,66	13,70	7,01	3,41	5,66	12,43
DTA	mm/m	20,44	31,90	34,58	36,50	45,44	23,60	65,54

CC - teor de água na capacidade de campo; PM - teor de água no ponto de murcha permanente; Ds - densidade do solo; DTA - disponibilidade total de água no solo.

#### **1.1.4. Parâmetros econômico-financeiros**

Os coeficientes técnicos relacionados aos custos de produção de todas as culturas consideradas nos estudos foram fornecidos pelo Distrito de Irrigação do Jaíba. Os custos dos vários componentes de produção foram atualizados para dezembro de 2006, com base em valores de defensivos, fertilizantes, mão-de-obra, mudas, hora de máquina, água, energia, dentre outros, praticados no Norte de Minas, nas cidades de Montes Claros, Janaúba e Jaíba, e nos perímetros de irrigação do Jaíba e do Gortuba. Os preços atualizados de fertilizantes e defensivos foram obtidos junto ao Núcleo de Ciências Agrárias da UFMG, por meio do professor Flávio Gonçalves de Oliveira.

Para os lotes com sistema de irrigação não pressurizados no projeto Jaíba, foram considerados os seguintes valores cobrados dos irrigantes para as tarifas K1 (tarifa relativa ao investimento público no perímetro de irrigação) e K2 (tarifa referente aos gastos com operação e manutenção do sistema de irrigação do perímetro): K1 = R\$ 67,53 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e K2 = R\$ 26,74 por 1.000 m<sup>3</sup> de água, valores estes praticados em novembro de 2006. Utilizou-se uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,23 kWh<sup>-1</sup>. Essa tarifa foi verificada na página da Cemig na Internet em 10 de julho de 2007: Verde, A3a - 30 Kv a 44 Kv - Rural, já acrescida com 18% de ICMS. Contudo, sabe-se que alguns produtores podem operar com tarifas menores quando aptos a prati-

carem irrigação noturna, sendo necessária a aquisição de “relógios noturnos” (dispositivo para contabilização de consumo em períodos específicos).

Os custos de produção de culturas anuais são apresentados na Tabela 8 e os custos de produção para culturas perenes são apresentados na Tabela 9.

**Tabela 8.** Custos de produção por hectare de culturas anuais (em R\$).

Cultura	Semen- tes	Fertili- zantes	Defen- sivos	Outros	Operação mecanizada	Mão de obra	Total
Abóbora híbrida	439,79	1.123,40	429,60	505,50	1.225,10	1.162,00	4.885,40
Alface semente	0,00	692,33	425,30	231,81	315,00	1.834,00	3.498,44
Algodão	71,50	560,08	355,32	169,29	377,50	560,00	2.093,69
Cebola inverno	1.798,67	4.503,30	2.159,34	4.248,07	1.397,50	2.441,60	16.548,48
Cebola verão	1.498,89	3.894,10	2.256,93	2.678,81	1.330,00	2.035,60	13.694,33
Cenouras diversas	372,38	2.123,84	1.512,40	3.437,08	292,50	1.988,00	9.726,20
Feijão	242,44	682,00	669,58	221,99	360,00	450,80	2.626,81
Melancia	72,50	1.798,90	567,79	1.544,31	225,00	1.022,00	5.230,50
Melancia semente	72,50	722,95	316,32	185,86	495,00	2.534,00	4.326,63
Melão	720,00	2.309,30	1.024,02	4.063,53	945,00	1.190,00	10.251,85
Milho	100,00	523,00	100,77	253,99	292,50	473,30	1.743,55
Pepino conserva	0,00	2.890,68	1.227,56	170,34	112,50	4.816,00	9.217,08
Quiabo fruto	209,30	1.758,20	356,52	1.929,56	247,50	2.604,00	7.105,08
Quiabo semente	0,00	620,40	389,93	249,67	495,00	1.120,00	2.875,00
Tomate mesa	115,55	6.979,00	4.123,87	7.816,46	4.342,50	7.826,00	31.203,38



**Tabela 9.** Custos de produção por hectare de culturas perenes (em R\$).

Cultura	Mudas	Fertilizantes	Defensivos	Outros	Operação mecanizada	Mão de obra	Total
Banana prata-anã ano 1	1.526,14	4.678,60	1.038,59	743,32	445,00	1.610,00	10.041,65
Banana prata-anã ano 2 em diante		4.657,20	1.116,20	759,92	108,00	2.212,00	8.853,32
Limão ano 1	1.050,00	789,10	321,73	736,90	315,00	1.246,00	4.458,72
Limão ano 2		695,70	507,52	1.199,11	180,00	1.204,00	3.786,33
Limão ano 3		817,20	691,56	1.884,56	180,00	1.358,00	4.931,32
Limão ano 4		848,10	827,51	2.278,00	180,00	1.512,00	5.645,61
Limão ano 5		900,70	937,36	3.052,08	180,00	1.694,00	6.764,14
Mamão papaya ano 1	3.000,00	2.718,67	1.066,44	2.021,50	270,00	2.310,00	11.386,62
Mamão papaya ano 2		1.944,40	1.869,87	6.523,01		4.354,00	14.691,28
Mamão papaya ano 3			1.033,28	3.402,36		2.562,00	6.997,64
Maracujá ano 1	1.050,00	1.009,80	429,67	4.655,33	108,00	1.898,40	9.151,20
Maracujá ano 2		1.514,70	1.289,00	1.116,23	162,00	2.847,60	6.929,52
Maracujá ano 3		757,35	515,60	1.141,89	81,00	1.423,80	3.919,64
Pinha diversas ano 1	1.837,50	450,56	182,75	862,69	315,00	2.366,00	6.014,50
Pinha diversas ano 2		604,96	314,50	975,61	360,00	2.002,00	4.257,07
Pinha diversas ano 3		604,98	487,25	1.540,61	450,00	2.464,00	5.546,84
Pinha diversas ano 4		643,60	613,00	2.094,31	540,00	2.926,00	6.816,91
Pinha diversas ano 5		643,60	839,00	2.092,61	540,00	2.968,00	7.083,21

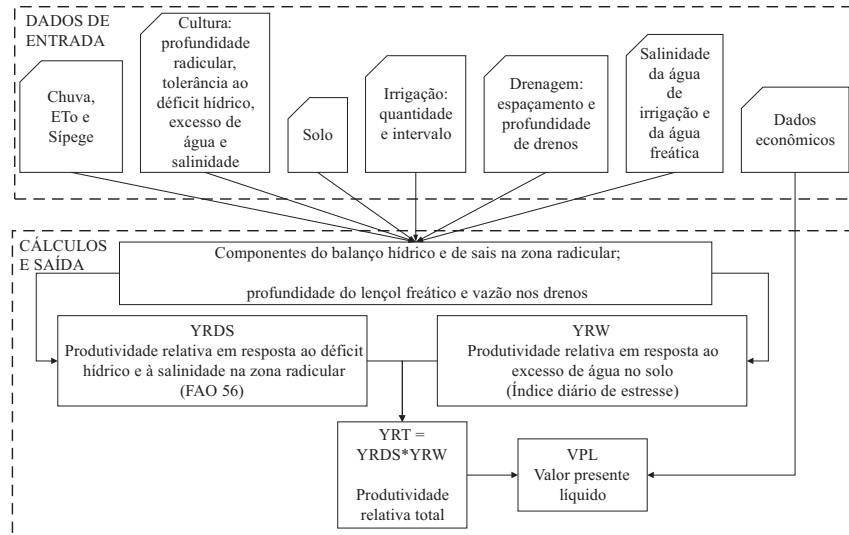
Os preços de venda dos produtos das várias culturas foram ajustados considerando a série histórica de preços recebidos por produtores nos perímetros de irrigação Jaíba e Gorutuba no período de 1999 a 2006. A fonte desses dados foi relatórios da Codevasf, DIJ, DIG e Emater-MG. Os preços foram corrigidos com base no IPCA anual (Índice de Preços ao Consumidor Ampliado; Ipeadata<sup>1</sup> Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor). A base de dados, contendo informações de área, produção, comercialização, produtividade, preço e preço corrigido, é apresentada no Anexo 1. Ajustes de preços para culturas em diferentes épocas do ano foram feitos por meio de informações do Ceasa-MG.

## **1.2. Dados de requerimento de irrigação e produtividade relativa**

Conforme descrito no projeto, os dados de requerimento de irrigação, RIT, e produtividade relativa, YRT, foram obtidos com a aplicação do modelo MCID, desenvolvido por membros da equipe do projeto (Ferreira et al., 2006; Borges Júnior et al., 2005; Borges Júnior, 2004; Borges Júnior et al., 2003). Na obtenção de RIT, já se considera a eficiência de aplicação (Bernardo et al., 2005).

O modelo computacional MCID, aplicável em nível de unidade de produção, foi desenvolvido em Delphi (Borland Software Corporation). Presta-se para simular o balanço hídrico e de sais na zona radicular, estimar a profundidade do lençol freático (quando se considera sistema de drenagem) em base diária e avaliar os efeitos do manejo da irrigação na produtividade da cultura, uso de água e retorno financeiro. Os dados de entrada e saída e os cálculos realizados são esquematizados na Figura 1.

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - <http://www.ipeadata.gov.br/>.



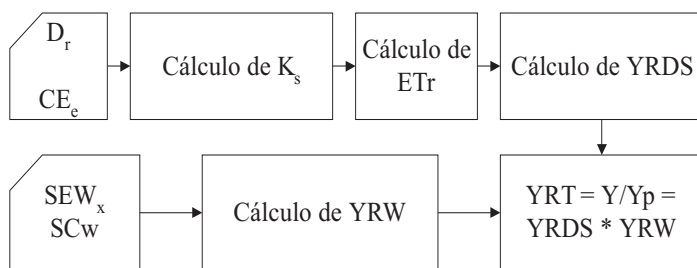
**Figura 1.** Esquema de entrada de dados e cálculos do MCID (Borges Júnior et al., 2003)

A aplicação do MCID adota uma seqüência para entrada de dados, processamento de cálculos e acesso aos resultados. A entrada de dados é feita diretamente nos formulários do programa ou por arquivos de texto criados a partir de planilhas eletrônicas (Excel, QuatroPro, Lotus, dentre outras). O acesso aos resultados é feito por meio dos formulários do programa.

A aplicação prática do MCID visa o auxílio à tomada de decisão para:

- Planejamento (estudos de delineamento de projeto ou planejamento periódico) – diferentes estratégias de manejo de irrigação ou configurações do sistema de drenagem podem ser testadas.
- Tomada de decisão quanto ao manejo de irrigação – quando a simulação estiver sendo feita para um projeto já implantado, no ano corrente, poderão ser obtidas informações a respeito de quando e quanto irrigar.

A Figura 2 mostra o esquema para cálculo da produtividade relativa total.



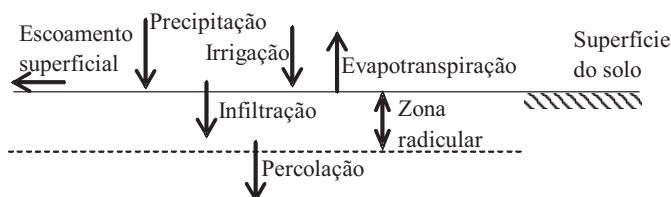
**Figura 2.** Esquema de cálculo de produtividade relativa total - YRT

Os termos indicados na Figura 2 são:

- Dr - depleção de água na zona radicular, mm
- CE<sub>e</sub> - condutividade elétrica média do extrato da pasta saturada do solo na zona radicular, dS m<sup>-1</sup>
- K<sub>s</sub> - coeficiente de estresse hídrico (engloba déficit hídrico e salinidade), adimensional [0 - 1]
- ETr - evapotranspiração real, mm
- YRDS - produtividade relativa, caso ocorra estresse devido somente ao déficit hídrico e à salinidade, decimal
- SEW<sub>x</sub> - soma dos excessos diários de água a profundidades menores que X cm, cm-dia
- SCw - fator de suscetibilidade da cultura ao excesso de água no solo na zona radicular, (cm-dia)<sup>-1</sup>
- YRW - produtividade relativa, caso ocorra estresse devido somente ao excesso de água no solo, decimal
- YRT - produtividade relativa total, decimal
- Y - produtividade real, kg ha<sup>-1</sup>
- Yp - produtividade potencial, kg ha<sup>-1</sup>

Nas situações predominantes nos perímetros de irrigação do Jaíba e do Gorutuba, pode-se considerar YRW igual a 1. Não foram também considerados estresses devido à salinidade, o que também retrata a condição predominante nos dois perímetros, com elevadas profundidades de lençol freático. Contudo, vale frisar que, no perímetro do Gorutuba, algumas áreas apresentam propensão a um processo de salinização devido a uma condição de perda de efetividade da rede de drenagem como consequência da manutenção deficitária, o que permitiu a proliferação de vegetação no leito e parede de drenos. Essa condição era observada no segundo semestre de 2005. No projeto Jaíba, especialmente em áreas de solos menos arenosos (Etapa 2), a propensão à salinização também deve ser verificada. Assim, nas simulações de balanço hídrico não foi considerada a componente fluxo ascendente do lençol freático, adotando-se um esquema de modelagem similar aos verificados nos programas computacionais Cropwat (FAO - Land and Water Development Division), Sida (Mantovani et al., 2003) ou Irriplus<sup>1</sup>, ilustrado na Figura 3.

<sup>1</sup>GESAI - Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - [www.irriplus.com.br](http://www.irriplus.com.br)



**Figura 3.** Representação esquemática do balanço hídrico na zona radicular para situação com lençol freático profundo

No estudo aqui relatado, o MCID foi aplicado visando à obtenção de informações quanto ao efeito de diferentes estratégias de manejo de irrigação sobre RIT e YRT. Essas informações foram, então, empregadas nos estudos de otimização de padrão de cultivo e estratégias de produção, associados à análise de risco, na definição de coeficientes técnicos relativos à função objetivo e equações de restrição do modelo de programação linear.

A base de dados utilizada está descrita nos itens 1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3. Foram considerados valores de teor de água, em base volume, na capacidade de campo, CC, no ponto de murcha permanente, PM, e disponibilidade total de água, DTA, calculados pela média ponderada pelo percentual das áreas do Latossolo Amarelo Álico 1 e Latossolo Amarelo Álico 2 (Tabela 7). Deste modo, obteve-se CC = 7,71%, PM = 5,13% e DTA = 25,80 mm de água por m de profundidade de solo. Vale notar que os valores de DTA para os solos considerados são os menores observados na Tabela 7.

Diferentes métodos e manejos de irrigação foram considerados para as diversas culturas, conforme apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Métodos de irrigação e parâmetros de manejo de irrigação considerados para diferentes culturas (eficiência de distribuição de projeto, EDad, decimal; eficiência potencial de aplicação de água, EPa, decimal; fração da superfície do solo molhada pela irrigação, fwi, decimal).

Cultura	Método de irrigação	Turno de rega	EDad	EPa	fwi	Cessar irrigação (dafo) **
Abóbora japonesa	aspersão	*	0,85	0,90	1,00	2
Alface semente	gotejamento	*	0,80	1,00	0,40	5
Algodão	aspersão	3 dias	0,80	0,90	1,00	10
Banana	microaspersão	*	0,90	0,95	1,00	
Cebola	aspersão	*	0,80	0,90	1,00	10
Cenoura	aspersão	*	0,85	0,90	1,00	1
Feijão	aspersão	2 dias	0,85	0,90	1,00	3
Limão	microaspersão	*	0,90	0,95	0,70	
Mamão	microaspersão	*	0,90	0,95	0,90	
Maracujá	gotejamento	*	0,90	0,95	0,70	
Melancia	gotejamento	1 dia	0,85	1,00	0,40	1
Melancia semente	gotejamento	1 dia	0,85	1,00	0,40	1
Melão	gotejamento	1 dia	0,85	1,00	0,40	
Milho	aspersão	3 dias	0,80	0,90	1,00	7
Pepino para conserva	aspersão	3 dias	0,85	0,90	1,00	3
Pinha	microaspersão	*	0,90	0,95	0,90	
Quiabo	aspersão	3 dias	0,85	0,90	1,00	10
Quiabo semente	microaspersão	2 dias	0,90	0,95	1,00	10
Tomate de mesa	gotejamento	*	0,90	1,00	0,40	7

\* Irrigar quando ocorrer depleção de água na zona radicular equivalente a 100% da capacidade real de água do solo, CRA;

\*\* dafo = dias antes do final do ciclo.

Os requerimentos de irrigação para as diferentes culturas e solos no perímetro Jaíba são apresentados no Anexo 2.

### 1.2.1. Estudos de otimização de padrão de cultivo e estratégia de produção

Os estudos de otimização de padrão de cultivo e estratégias de produção envolveram a aplicação de modelos de programação linear

e análise de risco com base em simulações (Andrade et al., 2006; Borges Júnior et al., 2006; Borges Júnior, 2004; Borges Júnior et al., 2003). O modelo de programação linear, MPL, utilizado tem como objetivo inicial a otimização do padrão de cultivo para um horizonte de planejamento de quatro anos, maximizando o valor presente líquido total<sup>1</sup>. Obtido esse primeiro padrão ótimo, o modelo é reestruturado visando a minimização do requerimento de irrigação em períodos críticos quanto à disponibilidade de água. O conjunto de equações matemáticas empregadas nos MPLs é apresentado no projeto de pesquisa.

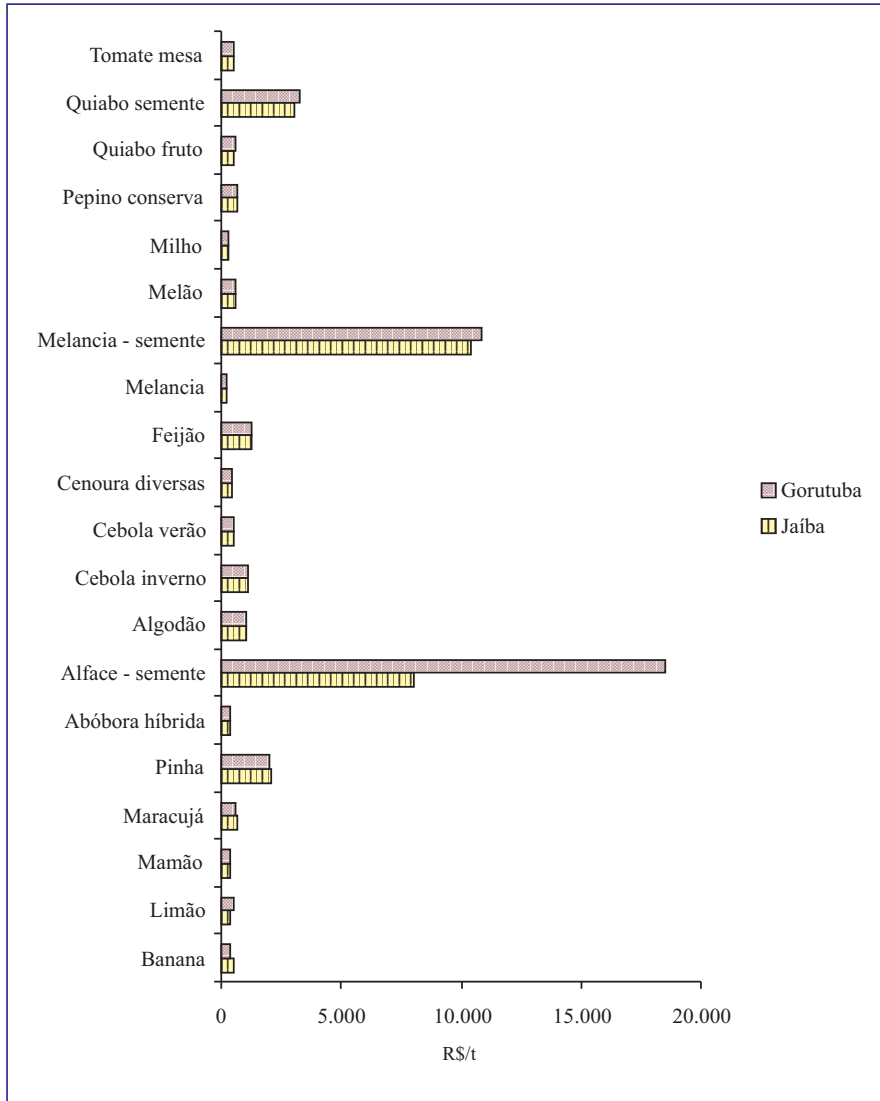
Visando exemplificar a aplicação do instrumental considerado no projeto para fins de planejamento, foi construído um MPL para o perímetro do Jaíba. Ao MPL foi associada uma posterior análise de risco executada com o programa P-Risco (Borges Júnior et al., 2007; Borges Júnior, 2004).

Os valores de produtividade empregados nos modelos foram gerados de aplicações do MCID a partir da base de dados climáticos, de cultura, solo e requerimento de irrigação descrita nos itens 1.1 e 1.2, Anexo 1 e Anexo 2.

A definição dos preços dos produtos considerados nos MPLs baseou-se na série histórica de preços obtidos nos distritos (Anexo 1), sendo dado, porém, maior peso para os dados mais recentes. Ajustes nos valores de preços foram também feitos, quando percebida grande variação nos preços das séries históricas, bem como possíveis inconsistências. Tendo em vista a proximidade dos preços obtidos para a produção nos dois distritos, fora algumas maiores diferenças advindas de prováveis inconsistências nas séries de dados, conforme pode-se observar na Figura 4, adotou-se o mesmo conjunto de preços de produtos nos MPLs para os perímetros do Jaíba e do Gortuba.

<sup>1</sup>Soma algébrica dos saldos de fluxo de caixa (ou margem líquida), corrigida pela taxa de desconto para o tempo zero (informações suplementares: Borges Júnior, 2004)





Preços médios de diferentes culturas observados nos perímetros de irrigação do Gorutuba e do Jaíba.

Já a definição dos requerimentos de mão-de-obra em base mensal para os diferentes cultivos foi baseada em planilhas de custos e de coeficientes técnicos fornecidas pelo Distrito de Irrigação Jaíba – DIJ. Ou seja, as demandas de dias-homens para operações de plantio, tratos culturais, colheita etc. informadas nas planilhas foram divididas ao longo dos meses de cultivo. Os requerimentos de mão-de-obra, em base mensal, para culturas perenes e anuais são apresentados no Anexo 3.

A taxa de desconto considerada foi de 8% ao ano. Esse valor foi obtido pela diferença entre a taxa Selic anual, para junho de 2007, igual a 12,43% ao ano, e a meta de inflação em 2007 do Conselho Monetário Nacional, igual a 4,5% ao ano.

A análise de risco associada ao MPL utiliza as técnicas de análise de sensibilidade e simulações de risco (Frizzone e Silveira, 1996). A análise de sensibilidade é conduzida diretamente no MPL, alterando valores das variáveis de entrada requerimentos de irrigação, produtividade das culturas, preços de produtos, custos variáveis, além da irrigação e taxa de desconto, conforme definido pelo usuário. Outra técnica de análise de risco, enfatizada neste projeto, baseia-se em simulações de risco, mais especificamente simulações de Monte Carlo (Hardaker et al., 2004; Borges Júnior et al., 2003).

As simulações conforme o Método de Monte Carlo foram desempenhadas por um programa desenvolvido em Delphi denominado P-Risco (Borges Júnior et al., 2007; Borges Júnior, 2004<sup>1</sup>). As variáveis de entrada, requerimento mensal de irrigação, produtividade, preços dos produtos, custos variáveis, além da irrigação e da taxa de desconto anual, foram consideradas de forma estocástica. Com essas simulações, obtêm-se informações sobre as distribuições de probabilidade das variáveis de saída, valor presente líquido total e requerimentos totais de irrigação ( $m^3 ha^{-1}$ ), mensais e anuais. Essas informações permitem avaliar os riscos aos quais os padrões de cultivos estarão sujeitos, em termos de viabilidade financeira e de

<sup>1</sup> Em Borges Júnior (2004), este modelo é denominado M2-R, sendo apresentados, detalhadamente, os procedimentos implementados

escassez de água, em situações em que os recursos hídricos para irrigação são limitados.

Conforme procedimentos descritos em Borges Júnior (2004), nas simulações com o P-Risco considera-se a correlação entre os requerimentos mensais de irrigação para as várias culturas com um coeficiente de correlação igual a 1.

Na análise de risco com base em simulações, envolvendo a aplicação do programa P-Risco, considerou-se como variáveis de entrada estocásticas a taxa de desconto anual, requerimento de irrigação, outros custos além de irrigação, produtividade e preço, seguindo as distribuições de probabilidade e parâmetro de distribuições apresentados na Tabela 11. No processo de simulação, foram feitas 10.000 iterações.

### **1.2.2. Modelo de Programação Linear - MPL**

O modelo de programação linear, MPL, foi implementado para um horizonte de planejamento de quatro anos. As restrições quanto a recursos, consideradas no MPL para o projeto Jaíba, são apresentadas na Tabela 12. Na Tabela 13, são apresentadas as restrições quanto à produção, consideradas neste MPL.

**Tabela 11.** Variáveis consideradas estocásticas na análise de risco, com respectivas distribuições de probabilidade e os parâmetros das distribuições - valor mínimo (min), valor máximo (max) e moda (mo).

Variável	Simbologia	Distribuição	Parâmetros
Taxa de desconto anual	TD	Triangular	min = 7%; mo = 8%; max = 12%
Requerimento de irrigação	$w_{jym}$	Normal padrão Truncada	min = $z_{5\%} = -1,64485$ ; max = $z_{95\%} = 1,64485$
Outros custos além da irrigação	C	Triangular	min = 0,9C; mo = C; max = 1,1P
Produtividade	Y	Normal truncada	min = 0,85Y; mo = Y; max = 1,15Y;
Preço	P	Triangular	min = 0,6P; mo = P; max = 1,2P

**Tabela 12.** Restrições quanto aos recursos, adotadas no modelo de programação linear, para o perímetro do Jaíba.

Restrição	Unidade	Valor
Terra	(ha)	19
Mão-de-obra (mensal)	(dias-homem)	750
Água disponível para irrigação (mensal)	(m <sup>3</sup> )	15.000

**Tabela 13.** Restrições quanto à produção, adotadas no modelo de programação linear, para uma propriedade de 19 hectares no perímetro do Jaíba.

Cultura	Unidade	>=	<=
Banana ano 2	t ano <sup>-1</sup>	50	
Limão ano 3	t ano <sup>-1</sup>	15	
Limão ano 4	t ano <sup>-1</sup>		40
Mamão ano 2	t ano <sup>-1</sup>	30	60
Maracujá ano 3	t ano <sup>-1</sup>	20	50
Pinha ano 3	t ano <sup>-1</sup>	5	
Pinha ano 4	t ano <sup>-1</sup>		30
Abóbora híbrida	t safra <sup>-1</sup>	5	50
Alface - semente	t safra <sup>-1</sup>	0.5	1
Algodão	t safra <sup>-1</sup>	1.5	
Cebola inverno	t safra <sup>-1</sup>		60
Cebola verão	t safra <sup>-1</sup>		60
Cenoura diversas	t safra <sup>-1</sup>	20	70
Feijão	t safra <sup>-1</sup>	1	8
Melancia	t safra <sup>-1</sup>	20	90
Melancia - semente	t safra <sup>-1</sup>		1
Melão	t safra <sup>-1</sup>		60
Milho	t safra <sup>-1</sup>	3	
Pepino conserva	t safra <sup>-1</sup>		
Quiabo fruto	t safra <sup>-1</sup>		
Quiabo semente	t safra <sup>-1</sup>	1	
Tomate mesa	t safra <sup>-1</sup>		

O padrão de cultivo apontado como ótimo em termos de maximização do valor presente líquido total, U (R\$), é apresentado na Tabela 14. O valor ótimo obtido de U, no período de quatro anos, foi igual a R\$ 278.394,48 na área de 19 hectares.

**Tabela 14.** Resultados do padrão de cultivo (distribuição da área) da propriedade de 19 hectares no perímetro de irrigação do Jaíba, considerando valor presente líquido total maximizado.

<b>Cultura</b>	<b>Ano inicial</b>	<b>Ano final</b>	<b>Nome</b>	<b>Valor final (ha)</b>
Banana	1	4	B1 (ha)	1,85
Limão	1	4*	L1 (ha)	1,50
Mamão P	1	3	MP1 (ha)	0,59
Maracujá 1	1	3	MA1 (ha)	1,00
Maracujá 2	2	4	MA2 (ha)	1,00
Pinha	1	4*	P1 (ha)	2,94
Abóbora híbrida	1	1	AB1 (ha)	3,24
Abóbora híbrida	2	2	AB2 (ha)	1,23
Abóbora híbrida	3	3	AB3 (ha)	0,34
Abóbora híbrida	4	4	AB4 (ha)	1,69
Alface - semente	1	1	AS1 (ha)	0,61
Alface - semente	2	2	AS2 (ha)	0,61
Alface - semente	3	3	AS3 (ha)	0,61
Alface - semente	4	4	AS4 (ha)	0,61
Algodão	1	1	AL1 (ha)	0,82
Algodão	2	2	AL2 (ha)	0,82
Algodão	3	3	AL3 (ha)	0,82
Algodão	4	4	AL4 (ha)	0,82
Cebola inverno	1	1	CI1 (ha)	2,50
Cebola inverno	2	2	CI2 (ha)	2,50
Cebola inverno	3	3	CI3 (ha)	2,41
Cebola inverno	4	4	CI4 (ha)	2,50
Cebola verão	1	2	CV2 (ha)	2,00
Cebola verão	2	3	CV3 (ha)	1,40
Cebola verão	3	4	CV4 (ha)	2,00
Cenoura diversas	1	1	CN1 (ha)	0,76
Cenoura diversas	2	2	CN2 (ha)	0,76
Cenoura diversas	3	3	CN3 (ha)	0,76
Cenoura diversas	4	4	CN4 (ha)	0,76

**Tabela 14. (Continuação)** Resultados do padrão de cultivo (distribuição da área) da propriedade de 19 hectares no perímetro de irrigação do Jaíba, considerando valor presente líquido total maximizado.

Cultura	Ano inicial	Ano final	Nome	Valor final (ha)
Melão	1	1	ML1 (ha)	2,22
Melão	2	2	ML2 (ha)	2,22
Melão	3	3	ML3 (ha)	2,22
Melão	4	4	ML4 (ha)	2,22
Milho dezembro	1	2	MD2 (ha)	0,75
Milho dezembro	2	3	MD3 (ha)	0,75
Milho dezembro	3	4	MD4 (ha)	0,75
Milho fevereiro	1	1	MF1 (ha)	0,69
Milho fevereiro	2	2	MF2 (ha)	0,69
Milho fevereiro	3	3	MF3 (ha)	0,69
Milho fevereiro	4	4	MF4 (ha)	0,69
Pepino conserva	1	1	PP1 (ha)	2,07
Pepino conserva	2	2	PP2 (ha)	2,04
Pepino conserva	3	3	PP3 (ha)	1,89
Pepino conserva	4	4	PP4 (ha)	1,96
Quiabo fruto	1	1	QF1 (ha)	0,00
Quiabo fruto	2	2	QF2 (ha)	0,00
Quiabo fruto	3	3	QF3 (ha)	0,00
Quiabo fruto	4	4	QF4 (ha)	0,00
Quiabo semente	1	2	QS2 (ha)	1,24
Quiabo semente	2	3	QS3 (ha)	0,96
Quiabo semente	3	4	QS4 (ha)	1,82
Tomate mesa	1	1	TM1 (ha)	0,00
Tomate mesa	2	2	TM2 (ha)	0,00
Tomate mesa	3	3	TM3 (ha)	0,00
Tomate mesa	4	4	TM4 (ha)	0,00

\* Período total considerado igual a 6 anos

**Tabela 14 (continuação).** Resultados do padrão de cultivo (distribuição da área) da propriedade de 19 hectares no perímetro de irrigação do Jaíba, considerando valor presente líquido total maximizado.

Cultura	Ano inicial	Ano final	Nome	Valor final (ha)
Melão	1	1	ML1 (ha)	2,22
Melão	2	2	ML2 (ha)	2,22
Melão	3	3	ML3 (ha)	2,22
Melão	4	4	ML4 (ha)	2,22
Milho dezembro	1	2	MD2 (ha)	0,75
Milho dezembro	2	3	MD3 (ha)	0,75
Milho dezembro	3	4	MD4 (ha)	0,75
Milho fevereiro	1	1	MF1 (ha)	0,69
Milho fevereiro	2	2	MF2 (ha)	0,69
Milho fevereiro	3	3	MF3 (ha)	0,69
Milho fevereiro	4	4	MF4 (ha)	0,69
Pepino conserva	1	1	PP1 (ha)	2,07
Pepino conserva	2	2	PP2 (ha)	2,04
Pepino conserva	3	3	PP3 (ha)	1,89
Pepino conserva	4	4	PP4 (ha)	1,96
Quiabo fruto	1	1	QF1 (ha)	0,00
Quiabo fruto	2	2	QF2 (ha)	0,00
Quiabo fruto	3	3	QF3 (ha)	0,00
Quiabo fruto	4	4	QF4 (ha)	0,00
Quiabo semente	1	2	QS2 (ha)	1,24
Quiabo semente	2	3	QS3 (ha)	0,96
Quiabo semente	3	4	QS4 (ha)	1,82
Tomate mesa	1	1	TM1 (ha)	0,00
Tomate mesa	2	2	TM2 (ha)	0,00
Tomate mesa	3	3	TM3 (ha)	0,00
Tomate mesa	4	4	TM4 (ha)	0,00

Na Tabela 15, derivada dos relatórios gerados pela ferramenta Solver (Frontline Systems, Inc - [www.solver.com/pricexls.php](http://www.solver.com/pricexls.php)) empregada junto à planilha do programa Excel (Microsoft® Office Excel), apresenta-se a relação das restrições atuantes, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis. O preço sombra representa o máximo acréscimo sobre o valor otimizado da função objetivo (valor presente líquido total) para o aumento em uma unidade na correspondente restrição (Hazell e Norton, 1986). Os acréscimos e os decréscimos permissíveis indicam o intervalo no qual pode-se variar o valor da restrição, mantendo-se o valor do preço sombra. Quando o valor da restrição limitante é alterado neste intervalo, os níveis das atividades



serão alterados, mas não será alterada a base da solução ótima, ou seja, não será alterado o conjunto de atividades presentes na solução ótima.

As restrições mensais de irrigação foram atuantes (foi atingido o valor crítico) nos meses de maio e outubro nos anos 1, 2, 3 e 4, e nos meses de fevereiro dos anos 2, 3 e 4. Os valores de preços sombra variaram de R\$ 0,10 a R\$ 5,40 por metro cúbico, sendo o valor máximo relativo ao mês de maio no ano 3. Um valor de preço sombra igual a R\$ 5,40, relativo à restrição de valor máximo (menor ou igual) de disponibilidade mensal de água igual a 15.000 m<sup>3</sup>, significa que para cada metro cúbico extra de água em que se conseguir aumentar a restrição, naquele mês, pode-se obter incremento no valor presente líquido total em até R\$ 5,40. Vale observar que a análise de preços sombra relacionados à disponibilidade de água pode ser útil na composição de preços relativos ao uso da água.

As restrições quanto à mão-de-obra foram atuantes nos meses de março nos quatro anos de planejamento, devido, principalmente, à demanda no cultivo de pepino em conserva. As restrições relativas à terra não foram atuantes no modelo, o que ocorreu devido ao efeito mais relevante das restrições de água e mão-de-obra. As médias quanto à ocupação da área foram 71% nos anos 1 e 4 e 75% nos anos 2 e 3.

Várias foram as restrições relativas à produção, conforme se observa na Tabela 15. Por exemplo, para a cultura da banana, no ano 2, foi obtido um preço sombra negativo igual a R\$ 365,42; trata-se de uma restrição de valor mínimo (maior ou igual), ou seja, a produção de banana no ano 2 deveria ser no mínimo igual a 50 t (ver Tabela 13). Assim, para cada tonelada em que se aumentar esta restrição de limite mínimo, haverá uma redução de até R\$ 365,42 no valor presente líquido total. Outras restrições de produção de valor mínimo também foram atuantes para as culturas de quiabo semente (ano 3), milho, mamão, maracujá, abóbora híbrida, cenoura, feijão, limão e algodão. Restrições de produção de valor superior ocorreram para as culturas do melão, pinha, alface semente, cebola (inverno e verão), melancia semente e melancia. Os maiores preços sombra relativos à

produção foram obtidos para as culturas da melancia semente, pinha e alface semente, indicando que esforços devem ser envidados pelo produtor no sentido de expandir as possibilidades de mercado, aumentando o valor da restrição de valor de produção máximo dessas culturas.

**Tabela 15.** Restrições atuantes no modelo de programação linear com maximização do valor presente líquido total para propriedade no perímetro de irrigação do Jaíba, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis.

Tipo de restrição	Nome e unidade da restrição	Valor da restrição	Preço sombra*	Acréscimo permissível	Decréscimo permissível
água	mai - ano 1 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,30	115,80	2.968,32
água	out - ano 1 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,10	1.924,47	665,41
água	fev - ano 2 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,00	283,35	150,71
água	mai - ano 2 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,30	2.101,37	914,79
água	out - ano 2 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,20	108,53	1.730,06
água	fev - ano 3 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	1,00	497,46	1.145,33
água	mai - ano 3 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	5,40	137,33	3.558,60
água	out - ano 3 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,10	80,52	1.086,60
água	mai - ano 4 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,20	1.694,46	1.389,66
água	out - ano 4 (m <sup>3</sup> )	15.000,00	0,10	51,78	3.429,31
mão de obra	mar - ano 1 (dias-homem)	750,00	14,30	1.316,13	535,10
mão de obra	mar - ano 2 (dias-homem)	750,00	13,10	36,23	68,11
mão de obra	mar - ano 3 (dias-homem)	750,00	8,00	275,32	119,58
mão de obra	mar - ano 4 (dias-homem)	750,00	11,30	8,24	506,14
produção	Quiabo semente - ano 3 (t)	1,00	-709,47	1,42	0,09
produção	Melão - ano 1 (t)	60,00	193,01	155,86	60,00
produção	Melão - ano 2 (t)	60,00	178,52	12,83	24,12
produção	Melão - ano 3 (t)	60,00	153,42	53,37	42,35
produção	Melão - ano 4 (t)	60,00	153,22	2,92	60,00
produção	Milho dezembro - ano 2 (t)	3,00	-192,42	0,50	0,95
produção	Milho dezembro - ano 3 (t)	3,00	-481,26	3,82	1,66
produção	Milho dezembro - ano 4 (t)	3,00	-160,80	0,11	3,00
produção	Milho fevereiro - ano 1 (t)	3,00	-239,42	11,79	0,46
produção	Milho fevereiro - ano 2 (t)	3,00	-223,06	1,77	3,00
produção	Milho fevereiro - ano 3 (t)	3,00	-1.589,36	3,96	0,55
produção	Milho fevereiro - ano 4 (t)	3,00	-190,06	0,40	3,00
produção	Banana - ano 2 (t)	50,00	-365,42	2,01	0,00

**Tabela 15. (Continuação)** Restrições atuantes no modelo de programação linear com maximização do valor presente líquido total para propriedade no perímetro de irrigação do Jaíba, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis.

Tipo de restrição	Nome e unidade da restrição	Valor da restrição	Preço sombra*	Acréscimo permissível	Decréscimo permissível
produção	Mamão ano 2 (t)	30,00	-125,72	10,69	5,68
produção	Maracujá 1 - ano 3 (t)	20,00	-354,76	5,18	1,92
produção	Maracujá 2 - ano 4 (t)	20,00	-342,55	3,37	2,62
produção	Pinha - ano 4 (t)	30,00	2.536,62	1,22	0,50
produção	Abóbora híbrida - ano 3 (t)	5,00	-353,17	45,00	2,00
produção	Alface - semente - ano 1 (t)	1,00	2.537,64	10,92	0,43
produção	Alface - semente - ano 2 (t)	1,00	2.349,67	3,37	0,50
produção	Alface - semente - ano 3 (t)	1,00	775,82	11,15	0,50
produção	Alface - semente - ano 4 (t)	1,00	2.014,46	5,12	0,50
produção	Cebola inverno - ano 1 (t)	60,00	370,25	48,19	1,88
produção	Cebola inverno - ano 2 (t)	60,00	342,82	14,85	35,22
produção	Cebola inverno - ano 4 (t)	60,00	293,91	22,56	27,51
produção	Cebola verão - ano 2 (t)	60,00	29,90	5,50	10,35
produção	Cebola verão - ano 4 (t)	60,00	26,01	1,25	60,00
produção	Cenoura - ano 1 (t)	20,00	-5,47	50,00	20,00
produção	Cenoura - ano 2 (t)	20,00	-5,70	3,88	7,29
produção	Cenoura - ano 3 (t)	20,00	-44,54	20,19	12,81
produção	Cenoura - ano 4 (t)	20,00	-4,34	0,88	20,00

\*A unidade do preço sombra é R\$ dividido pela unidade da restrição correspondente, isto é, R\$/m<sup>3</sup>, R\$/dias-homem ou R\$/t

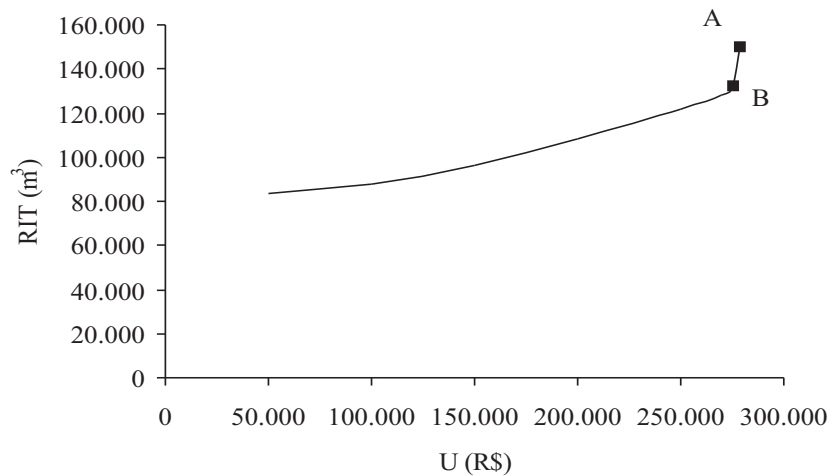
**Tabela 15 (continuação).** Restrições atuantes no modelo de programação linear com maximização do valor presente líquido total para propriedade no Projeto Jaíba, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis.

Tipo de restrição	Nome e unidade da restrição	Valor da restrição	Preço sombra*	Acréscimo Permissível	Decréscimo Permissível
produção	Feijão 1 - ano 1 (t)	1,00	-30,47	7,00	1,00
produção	Feijão 1 - ano 2 (t)	1,00	-37,61	0,26	0,49
produção	Feijão 1 - ano 3 (t)	1,00	-620,31	1,58	0,86
produção	Feijão 1 - ano 4 (t)	1,00	-24,19	0,06	1,00
produção	Feijão 2 - ano 1 (t)	1,00	-83,84	7,00	0,29
produção	Feijão 2 - ano 2 (t)	1,00	-77,63	2,29	1,00
produção	Feijão 2 - ano 3 (t)	1,00	-2.128,88	7,00	0,34
produção	Feijão 2 - ano 4 (t)	1,00	-66,55	3,48	1,00
produção	Feijão 3 - ano 2 (t)	1,00	-76,33	3,48	0,22
produção	Feijão 3 - ano 3 (t)	1,00	-2,95	2,19	0,16
produção	Melancia - semente - ano 1 (t)	1,00	3.741,15	0,69	1,00
produção	Melancia - semente - ano 2 (t)	1,00	3.315,81	1,79	0,11
produção	Melancia - semente - ano 3 (t)	1,00	3.201,71	1,13	0,08
produção	Melancia - semente - ano 4 (t)	1,00	2.969,85	3,55	0,05
produção	Limão - ano 3 (t)	15,00	-725,21	1,45	0,58
produção	Melancia - ano 1 (t)	90,00	4,35	25,33	70,00
produção	Melancia - ano 3 (t)	90,00	3,58	41,37	3,07
produção	Melancia - ano 4 (t)	90,00	3,46	130,56	1,97
produção	Algodão - ano 1 (t)	1,50	-438,38	4,06	0,16
produção	Algodão - ano 2 (t)	1,50	-405,65	1,25	1,50
produção	Algodão - ano 3 (t)	1,50	-4.124,48	1,91	0,19
produção	Algodão - ano 4 (t)	1,50	-348,00	1,90	1,50

\*A unidade do preço sombra é R\$ dividido pela unidade da restrição correspondente, isto é, R\$/m<sup>3</sup>, R\$/dias-homem ou R\$/t

Na Figura 4, apresenta-se a linha de soluções do padrão de cultivo no plano valor presente líquido total (U) e requerimento de irrigação em meses críticos (RIT), considerando valores minimizados de RIT. O ponto A, indicado nessa figura, representa o ponto de máximo valor presente líquido total, igual a R\$ 278.394,48 (U<sub>max</sub>), para uma área de 19 hectares, cujo padrão de cultivo é apresentado na Tabela 14. O ponto B, relativo ao padrão de cultivo apresentado na Tabela 16, foi obtido para um valor presente líquido total igual a R\$

275.000,00 (1,22% inferior em relação ao  $U_{max}$ ), minimizando-se o requerimento de irrigação nos meses críticos, isto é, maio e outubro nos anos 1, 2, 3 e 4 e fevereiro nos anos 2, 3 e 4. No ponto A, o valor de RIT é 150.000  $m^3$ , enquanto no ponto B o valor de RIT é igual a 132.528  $m^3$ , sendo 11,65% inferior ao do ponto A, o que aponta para o potencial desta metodologia de planejamento para redução do consumo de água na irrigação, que, de modo geral, é o uso de maior demanda de recursos hídricos.



**Figura 4.** Linha de soluções de padrão de cultivo no plano valor presente líquido total (U) e requerimento de irrigação em meses críticos (RIT), considerando valores minimizados de RIT.

**Tabela 16.** Resultados do padrão de cultivo da propriedade considerada no perímetro de irrigação do Jaíba para o valor presente líquido total igualado a R\$ 275.000,00 e valor minimizado de requerimento de irrigação nos meses críticos.

Cultura	Ano inicial	Ano final	Nome	Valor final
Banana	1	4	B1 (ha)	1,85
Limão	1	4*	L1 (ha)	1,50
Mamão P	1	3	MP1 (ha)	0,59
Maracujá 1	1	3	MA1 (ha)	1,00
Maracujá 2	2	4	MA2 (ha)	1,00
Pinha	1	4*	P1 (ha)	2,94
Abóbora híbrida	1	1	AB1 (ha)	1,05
Abóbora híbrida	2	2	AB2 (ha)	0,34
Abóbora híbrida	3	3	AB3 (ha)	0,34
Abóbora híbrida	4	4	AB4 (ha)	0,34
Alface - semente	1	1	AS1 (ha)	0,61
Alface - semente	2	2	AS2 (ha)	0,61
Alface - semente	3	3	AS3 (ha)	0,61
Alface - semente	4	4	AS4 (ha)	0,61
Algodão	1	1	AL1 (ha)	0,82
Algodão	2	2	AL2 (ha)	0,82
Algodão	3	3	AL3 (ha)	0,82
Algodão	4	4	AL4 (ha)	0,82
Cebola inverno	1	1	CI1 (ha)	2,50
Cebola inverno	2	2	CI2 (ha)	2,50
Cebola inverno	3	3	CI3 (ha)	2,41
Cebola inverno	4	4	CI4 (ha)	2,50
Cebola verão	1	2	CV2 (ha)	2,00
Cebola verão	2	3	CV3 (ha)	1,40
Cebola verão	3	4	CV4 (ha)	2,00

**Tabela 16. (Continuação).** Resultados do padrão de cultivo da propriedade considerada no perímetro de irrigação do Jaíba para o valor presente líquido total igualado a R\$ 275.000,00 e valor minimizado de requerimento de irrigação nos meses críticos.

<b>Cultura</b>	<b>Ano inicial</b>	<b>Ano final</b>	<b>Nome</b>	<b>Valor final</b>
Cenoura diversas	1	1	CN1 (ha)	0,76
Cenoura diversas	2	2	CN2 (ha)	0,76
Cenoura diversas	3	3	CN3 (ha)	0,76
Cenoura diversas	4	4	CN4 (ha)	0,76
Feijão 1	1	1	F11 (ha)	0,45
Feijão 1	2	2	F12 (ha)	0,45
Feijão 1	3	3	F13 (ha)	0,45
Feijão 1	4	4	F14 (ha)	0,45
Feijão 2	1	1	F21 (ha)	0,46
Feijão 2	2	2	F22 (ha)	0,46
Feijão 2	3	3	F23 (ha)	0,46
Feijão 2	4	4	F24 (ha)	0,46
Feijão 3	1	1	F31 (ha)	0,45
Feijão 3	2	2	F32 (ha)	0,45
Feijão 3	3	3	F33 (ha)	0,45
Feijão 3	4	4	F34 (ha)	0,45
Melancia	1	1	ME1 (ha)	0,80
Melancia	2	2	ME2 (ha)	0,80
Melancia	3	3	ME3 (ha)	0,80
Melancia	4	4	ME4 (ha)	0,80

**Tabela 16 (continuação).** Resultados do padrão de cultivo da propriedade considerada no perímetro de irrigação do Jaíba para o valor presente líquido total igualado a R\$ 275.000,00 e valor minimizado de requerimento de irrigação nos meses críticos.

Cultura	Ano inicial	Ano final	Nome	Valor final
Melancia - semente	1	1	MS1 (ha)	1,47
Melancia - semente	2	2	MS2 (ha)	1,47
Melancia - semente	3	3	MS3 (ha)	1,47
Melancia - semente	4	4	MS4 (ha)	1,47
Melão	1	1	ML1 (ha)	2,22
Melão	2	2	ML2 (ha)	2,22
Melão	3	3	ML3 (ha)	2,22
Melão	4	4	ML4 (ha)	2,22
Milho dezembro	1	2	MD2 (ha)	0,75
Milho dezembro	2	3	MD3 (ha)	0,75
Milho dezembro	3	4	MD4 (ha)	0,75
Milho fevereiro	1	1	MF1 (ha)	0,69
Milho fevereiro	2	2	MF2 (ha)	0,69
Milho fevereiro	3	3	MF3 (ha)	0,69
Milho fevereiro	4	4	MF4 (ha)	0,69
Pepino conserva	1	1	PP1 (ha)	2,07
Pepino conserva	2	2	PP2 (ha)	2,04
Pepino conserva	3	3	PP3 (ha)	1,89
Pepino conserva	4	4	PP4 (ha)	1,96
Quiabo fruto	1	1	QF1 (ha)	0,00
Quiabo fruto	2	2	QF2 (ha)	0,00
Quiabo fruto	3	3	QF3 (ha)	0,00
Quiabo fruto	4	4	QF4 (ha)	0,00
Quiabo semente	1	2	QS2 (ha)	0,96
Quiabo semente	2	3	QS3 (ha)	0,96
Quiabo semente	3	4	QS4 (ha)	0,96
Tomate mesa	1	1	TM1 (ha)	0,00
Tomate mesa	2	2	TM2 (ha)	0,00
Tomate mesa	3	3	TM3 (ha)	0,00
Tomate mesa	4	4	TM4 (ha)	0,00



Na Tabela 17, apresenta-se a relação das restrições atuantes, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis. Diferentemente do que ocorre para a Tabela 15, quando os preços sombras eram relativos à maximização do valor presente líquido total, na Tabela 17 os preços sombra são relativos à minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos, implicando em mudanças nas variáveis dos preços sombra. Observa-se na Tabela 17 que restrição quanto à água disponível para irrigação foi atuante apenas nos meses de fevereiro e maio do ano 3. As restrições quanto à mão-de-obra continuaram atuantes conforme se observa na Tabela 17. Em relação à Tabela 15, verifica-se que poucas modificações foram observadas em relação às restrições quanto à produção apontadas como atuantes na Tabela 17.

Nota-se que, como se passou de um modelo de maximização para um de minimização, os sinais dos preços sombras, para uma mesma restrição, são opostos. Por exemplo, o preço sombra para a cultura da banana, equivalente à restrição mínima de produção de 50 toneladas no ano 2 (Tabela 13), é igual a -R\$ 365,42 por tonelada no modelo de maximização do valor presente líquido total (Tabela 15), enquanto na Tabela 17, para minimização do requerimento de irrigação em meses críticos, o valor do preço sombra é 1.439,34 metros cúbicos por tonelada. Vale observar também a alteração na unidade do preço sombra, conforme a unidade da variável otimizada na função objetivo.

**Tabela 17.** Restrições atuantes no modelo de programação linear com minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos para propriedade no perímetro do Jaíba, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis.

<b>Tipo de restrição</b>	<b>Nome e unidade da restrição</b>	<b>Valor da restrição</b>	<b>Preço sombra*</b>	<b>Acréscimo permissível</b>	<b>Decréscimo permissível</b>
água	fev - ano 3 (m3)	15.000,0	-2,5	212,1	647,5
água	mai - ano 3 (m3)	15.000,0	-17,2	40,2	122,8
mão-de-obra	mar - ano 1 (dias-homem)	750,0	-48,0	15,2	46,5
mão-de-obra	mar - ano 2 (dias-homem)	750,0	-40,3	16,5	50,3
mão-de-obra	mar - ano 3 (dias-homem)	750,0	-26,8	27,3	83,4
mão-de-obra	mar - ano 4 (dias-homem)	750,0	-38,1	19,2	58,6
produção	Quiabo semente - ano 2 (t)	1,0	1312,1	0,3	1,0
produção	Quiabo semente - ano 3 (t)	1,0	2612,4	1,4	0,5
produção	Quiabo semente - ano 4 (t)	1,0	854,7	1,0	1,0
produção	Melão - ano 1 (t)	60,0	-649,6	1,1	3,4
produção	Melão - ano 2 (t)	60,0	-589,8	1,2	3,7
produção	Melão - ano 3 (t)	60,0	-516,4	1,4	4,3
produção	Melão - ano 4 (t)	60,0	-515,7	1,4	4,3
produção	Milho dezembro - ano 2 (t)	3,0	931,1	0,5	1,2
produção	Milho dezembro - ano 3 (t)	3,0	1619,8	1,4	0,5
produção	Milho dezembro - ano 4 (t)	3,0	541,2	1,7	1,4
produção	Milho fevereiro - ano 1 (t)	3,0	805,8	2,8	1,3
produção	Milho fevereiro - ano 2 (t)	3,0	849,7	1,8	1,4
produção	Milho fevereiro - ano 3 (t)	3,0	5349,4	0,4	0,1
produção	Milho fevereiro - ano 4 (t)	3,0	691,6	5,1	1,7
produção	Banana - ano 2 (t)	50,0	1439,3	2,2	0,0
produção	Mamão ano 2 (t)	30,0	454,1	5,8	2,0
produção	Maracujá 1 - ano 3 (t)	20,0	1257,0	2,1	0,7
produção	Maracujá 2 - ano 4 (t)	20,0	1209,2	2,1	0,7

**Tabela 17. (Continuação).** Restrições atuantes no modelo de programação linear com minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos para propriedade no perímetro do Jaíba, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis.

Tipo de restrição	Nome e unidade da restrição	Valor da restrição	Preço sombra*	Acréscimo permissível	Decréscimo permissível
Produção	Pinha - ano 4 (t)	30,0	-8208,3	0,1	0,3
produção	Abóbora híbrida - ano 2 (t)	5,0	5,1	11,5	5,0
produção	Abóbora híbrida - ano 3 (t)	5,0	1188,7	1,9	0,6
produção	Abóbora híbrida - ano 4 (t)	5,0	14,1	13,5	5,0
produção	Alface - semente - ano 1 (t)	1,0	-8541,1	0,1	0,3
produção	Alface - semente - ano 2 (t)	1,0	-7888,3	0,1	0,3
produção	Alface - semente - ano 3 (t)	1,0	-2611,2	0,3	0,5
produção	Alface - semente - ano 4 (t)	1,0	-6724,2	0,1	0,3
produção	Cebola inverno - ano 1 (t)	60,0	-1246,2	0,6	1,8
produção	Cebola inverno - ano 2 (t)	60,0	-1149,3	0,6	1,8
produção	Cebola inverno - ano 4 (t)	60,0	-976,5	0,7	2,2
produção	Cebola verão - ano 2 (t)	60,0	-74,7	5,5	21,9
produção	Cebola verão - ano 4 (t)	60,0	-87,6	8,4	25,5
produção	Cenoura - ano 1 (t)	20,0	18,4	50,0	20,0
produção	Cenoura - ano 2 (t)	20,0	55,9	3,9	20,0
produção	Cenoura - ano 3 (t)	20,0	149,9	14,9	4,9
produção	Cenoura - ano 4 (t)	20,0	14,6	12,8	20,0
produção	Feijão 1 - ano 1 (t)	1,0	102,6	7,0	1,0
produção	Feijão 1 - ano 2 (t)	1,0	674,1	0,3	1,0
produção	Feijão 1 - ano 3 (t)	1,0	2087,8	1,1	0,4
produção	Feijão 1 - ano 4 (t)	1,0	81,4	0,9	1,0

\*A unidade do preço sombra é  $m^3$  dividido pela unidade da restrição correspondente, isto é,  $m^3/m^3$ ,  $m^3/dias-homem$  ou  $m^3/t$

**Tabela 17 (continuação).** Restrições atuantes no modelo de programação linear com minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos para propriedade no perímetro do Jaíba, preços sombra, acréscimos e decréscimos permissíveis

Tipo de restrição	Nome e unidade da restrição	Valor da restrição	Preço sombra*	Acréscimo permissível	Decréscimo permissível
produção	Feijão 2 - ano 1 (t)	1,0	282,2	6,3	1,0
produção	Feijão 2 - ano 2 (t)	1,0	290,8	2,3	1,0
produção	Feijão 2 - ano 3 (t)	1,0	7165,3	0,3	0,1
produção	Feijão 2 - ano 4 (t)	1,0	306,3	3,5	1,0
produção	Feijão 3 - ano 1 (t)	1,0	336,9	4,6	1,0
produção	Feijão 3 - ano 2 (t)	1,0	348,8	3,5	1,0
produção	Feijão 3 - ano 3 (t)	1,0	359,8	5,3	1,0
produção	Feijão 3 - ano 4 (t)	1,0	370,0	5,8	1,0
produção	Melancia - ano 1 (t)	20,0	3,1	31,7	20,0
produção	Melancia - ano 2 (t)	20,0	4,9	34,2	20,0
produção	Melancia - ano 3 (t)	20,0	6,4	36,9	20,0
produção	Melancia - ano 4 (t)	20,0	7,9	39,9	20,0
produção	Melancia - semente - ano 1 (t)	1,0	-11937,5	0,1	0,2
produção	Melancia - semente - ano 2 (t)	1,0	-10981,8	0,1	0,2
produção	Melancia - semente - ano 3 (t)	1,0	-10096,8	0,1	0,2
produção	Melancia - semente - ano 4 (t)	1,0	-9277,3	0,1	0,2
produção	Limão - ano 3 (t)	15,0	2727,5	1,0	0,3
produção	Algodão - ano 1 (t)	1,5	1475,5	1,5	1,0
produção	Algodão - ano 2 (t)	1,5	1404,5	1,3	1,1
produção	Algodão - ano 3 (t)	1,5	13882,0	0,2	0,1
produção	Algodão - ano 4 (t)	1,5	1321,9	1,9	1,2
	U (R\$)	275000,0	3,4	664,3	217,6

\*A unidade do preço sombra é m<sup>3</sup> dividido pela unidade da restrição correspondente, isto é, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>/dias-homem, m<sup>3</sup>/t ou m<sup>3</sup>/R\$

### **1.2.3. Análise de risco**

A análise de risco foi desenvolvida por meio de análise de sensibilidade e simulações de risco. A análise de sensibilidade foi conduzida juntamente com o modelo de programação linear e executada também com auxílio da ferramenta Solver. Parte da análise de sensibilidade, relativa às restrições, já foi apresentada na Tabela 15 e na Tabela 17.

A análise de risco com base em simulações, aqui enfocada, envolveu a aplicação do programa P-Risco. Na Tabela 11, são apresentadas as variáveis de entrada consideradas estocásticas (taxa de desconto anual, requerimento de irrigação, outros custos além de irrigação, produtividade e preço) e as respectivas distribuições de probabilidade e parâmetro de distribuições.

O programa P-Risco foi executado para os padrões de cultivos relativos aos pontos A e B da Figura 4, ou seja, para os padrões de cultivo relativos ao máximo valor presente líquido total (ponto A) e mínimo requerimento de irrigação em meses críticos, fixando o valor presente líquido total igual a R\$ 275.000,00. As distribuições de probabilidade para as variáveis de saída valor presente líquido total (U, R\$) e os requerimentos de irrigação nos anos 1 a 4 e nos meses críticos (meses em que a restrição de água no MPL foi atuante) são apresentados nas Tabela 18 e 19, para os pontos A e B, respectivamente.

Na Tabela 18, observa-se que a média de U foi igual a R\$ 211.973,71. Portanto, 24% inferior ao resultado do valor maximizado de U (R\$ 278.394,48), devido principalmente à assimetria das distribuições de probabilidade consideradas para as variáveis de entrada preços e taxa de desconto, conforme indicado na Tabela 11. Por exemplo, os preços das várias culturas variaram segundo uma distribuição triangular com valor mínimo, moda e valor máximo iguais a 60, 100 e 120%, respectivamente, do valor de preço empregado no MPL. Assim, considerou-se uma probabilidade maior de que o preço ficasse abaixo do empregado no MPL (valor mínimo 40% inferior à moda), em comparação à probabilidade do preço exceder o valor empregado no MPL (valor máximo 20% superior à moda).

Na parte inferior da Tabela 18, apresentam-se os valores das variáveis de saída para diferentes níveis de probabilidade. Como exemplo, observa-se que foi indicada a probabilidade de 85% em U ser superior a R\$ 187.371,87 (equivalente à probabilidade de 15%). Num segundo exemplo, foi indicada a probabilidade de 90% de que o requerimento de irrigação no ano 1 (RIT - ano 1) seja inferior a 137.588,44 m<sup>3</sup> e de que RIT no mês de maio no ano 1 seja inferior a 16.744,83 m<sup>3</sup>.

Na Tabela 19, também se observou redução no valor médio de U, igual a R\$ 213.663,94, obtido com a análise de risco, em relação ao valor de U igual a R\$ 275.000,00, considerado no MPL para minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos.

**Tabela 18.** Resultados das simulações para as variáveis de saída: valor presente líquido total (U), requerimento anual de irrigação para os anos 1 a 4 e requerimento mensal de irrigação para os meses de maio e outubro (requerimento de irrigação total - RIT) para o modelo de programação linear relativo ao máximo valor presente líquido total.

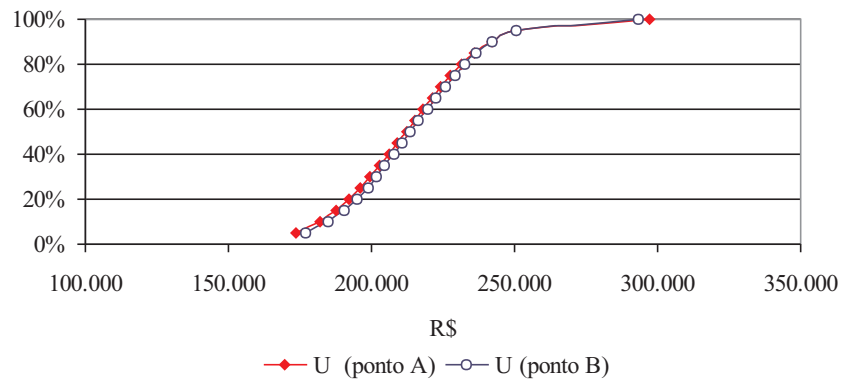
	U	RIT - ano 1	RIT - ano 2	RIT - ano 3	RIT - ano 4	RITMai-1	RITOut-1	RITMai-2	RITOut-2	RITMai-3	RITOut-3	RITMai-4	RITOut-4
	R\$	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3
Mínimo	129.337,52	121.030,81	135.988,22	138.248,70	129.049,57	12.358,86	12.190,79	12.409,43	12.331,60	12.426,96	12.274,27	12.400,07	11.768,59
Máximo	297.377,51	145.753,39	165.686,37	168.381,48	159.603,47	17.641,93	17.809,23	17.593,08	17.667,69	17.575,77	17.725,45	17.598,90	18.231,71
Média	211.973,71	132.950,36	150.955,35	152.901,06	145.045,11	15.007,88	15.016,33	14.992,21	15.009,43	15.011,97	15.012,92	14.990,38	14.985,16
Desvio													
padrão	23.336,75	3.586,00	3.983,75	4.020,59	4.140,13	1.261,71	1.359,01	1.247,58	1.287,06	1.236,28	1.288,71	1.245,53	1.555,37
5%	173.357,88	127.037,67	144.480,96	146.301,85	138.215,18	12.937,68	12.782,58	12.951,41	12.864,68	12.938,41	12.875,96	12.943,08	12.437,56
10%	182.066,79	128.298,00	145.877,48	147.747,10	139.756,62	13.285,12	13.162,58	13.295,05	13.239,19	13.318,60	13.261,23	13.304,66	12.863,02
15%	187.371,87	129.217,80	146.803,04	148.710,37	140.729,61	13.568,08	13.459,14	13.582,58	13.545,73	13.611,71	13.551,55	13.584,07	13.229,32
20%	192.162,94	129.895,38	147.543,65	149.519,40	141.526,88	13.837,53	13.733,62	13.815,91	13.816,52	13.847,13	13.805,73	13.825,52	13.523,74
25%	196.146,11	130.532,54	148.217,63	150.168,22	142.215,42	14.049,47	13.983,11	14.032,39	14.032,99	14.083,20	14.030,25	14.041,13	13.800,00
30%	199.671,39	131.065,86	148.841,29	150.799,23	142.840,54	14.250,28	14.199,47	14.250,54	14.248,17	14.288,21	14.258,72	14.257,21	14.047,98
35%	202.969,25	131.568,19	149.377,39	151.316,86	143.437,33	14.439,84	14.417,96	14.439,78	14.462,19	14.480,14	14.456,46	14.426,53	14.277,51
40%	206.009,49	132.012,43	149.919,09	151.896,34	143.984,67	14.628,21	14.622,10	14.631,10	14.654,54	14.669,71	14.645,91	14.607,71	14.514,45
45%	208.913,11	132.483,09	150.442,72	152.381,06	144.509,68	14.830,91	14.817,20	14.810,00	14.832,93	14.853,50	14.835,93	14.800,48	14.739,36
50%	212.206,72	132.950,06	150.927,25	152.883,59	144.980,65	15.002,25	15.017,91	14.976,58	15.013,41	15.019,11	15.005,43	14.970,15	14.978,97
55%	215.134,00	133.400,32	151.414,54	153.422,35	145.516,60	15.186,64	15.217,21	15.156,06	15.188,66	15.186,16	15.191,11	15.145,44	15.204,09
60%	218.109,75	133.858,85	151.926,86	153.947,91	146.069,71	15.364,98	15.409,26	15.335,62	15.374,08	15.375,00	15.384,23	15.339,33	15.420,35
65%	221.220,45	134.337,60	152.457,07	154.494,91	146.621,95	15.551,67	15.618,40	15.528,22	15.562,84	15.558,18	15.568,19	15.522,18	15.661,16
70%	224.290,58	134.823,01	153.032,59	155.051,74	147.203,33	15.740,99	15.825,09	15.728,53	15.766,12	15.749,85	15.759,82	15.730,58	15.895,65
75%	227.615,83	135.389,91	153.617,81	155.674,84	147.845,19	15.965,61	16.045,29	15.941,39	15.977,44	15.946,95	15.980,32	15.930,95	16.156,03
80%	231.606,34	136.004,20	154.318,50	156.310,01	148.559,73	16.192,41	16.286,87	16.160,14	16.208,92	16.162,55	16.203,25	16.163,44	16.448,41
85%	236.183,38	136.696,89	155.078,14	157.057,28	149.353,16	16.436,86	16.578,16	16.411,15	16.465,28	16.416,28	16.469,58	16.416,75	16.765,62
90%	242.084,04	137.588,44	156.122,67	158.027,79	150.414,75	16.744,83	16.883,32	16.703,39	16.771,58	16.698,95	16.777,07	16.714,60	17.121,44
95%	250.562,66	138.873,85	157.549,55	159.556,76	152.000,85	17.117,61	17.294,97	17.084,61	17.163,95	17.045,34	17.162,21	17.066,13	17.594,75
100%	297.377,51	145.753,39	165.686,37	168.381,48	159.603,47	17.641,93	17.809,23	17.593,08	17.667,69	17.575,77	17.725,45	17.598,90	18.231,71

**Tabela 19.** Resultados das simulações para as variáveis de saída: valor presente líquido total (U), requerimento anual de irrigação para os anos 1 a 4 e requerimento mensal de irrigação para os meses de maio e outubro (requerimento de irrigação total - RIT) para o modelo de programação linear relativo ao mínimo requerimento de irrigação fixando o valor presente líquido total igual a R\$ 275.000,00.

	U	RIT - ano 1	RIT - ano 2	RIT - ano 3	RIT - ano 4	RITMai-1	RITOut-1	RITMai-2	RITOut-2	RITMai-3	RITOut-3	RITMai-4	RITOut-4
	\$	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3
Mínimo	133.459,63	108.442,44	129.672,09	131.559,16	114.179,49	10.526,10	10.001,61	11.662,14	10.944,47	12.425,85	9.945,43	11.261,73	8.048,38
Máximo	293.089,93	129.674,22	158.381,85	159.959,51	136.713,88	15.000,78	14.283,09	16.511,25	15.595,09	17.575,66	14.203,27	15.959,90	11.417,18
Média	213.663,94	118.847,38	144.047,88	145.298,04	125.021,70	12.762,75	12.139,34	14.087,40	13.276,53	15.007,59	12.071,98	13.603,26	9.726,33
Desvio padrão	22.496,64	3.143,25	3.817,85	3.817,38	3.404,38	1.077,35	1.027,79	1.156,71	1.117,36	1.241,13	1.021,03	1.113,55	816,69
5%	176.868,21	113.681,52	137.737,22	138.984,01	119.324,18	10.964,12	10.435,42	12.159,16	11.415,94	12.932,06	10.398,75	11.770,16	8.374,03
10%	184.712,92	114.852,68	139.177,55	140.340,53	120.588,55	11.273,24	10.739,31	12.497,01	11.757,07	13.306,14	10.685,58	12.089,64	8.597,83
15%	190.549,35	115.569,56	140.073,31	141.279,98	121.494,53	11.536,24	10.969,40	12.770,10	12.005,44	13.594,33	10.894,51	12.343,02	8.783,61
20%	194.893,64	116.176,71	140.851,49	142.046,48	122.174,60	11.745,56	11.174,82	12.996,41	12.234,56	13.849,67	11.101,95	12.568,69	8.951,11
25%	198.698,87	116.717,58	141.425,52	142.716,21	122.742,72	11.947,05	11.367,99	13.227,10	12.424,97	14.062,39	11.291,54	12.761,66	9.099,58
30%	201.763,49	117.157,48	142.010,82	143.273,60	123.240,91	12.128,35	11.535,67	13.418,27	12.622,25	14.242,43	11.468,39	12.950,85	9.237,08
35%	204.638,05	117.595,72	142.598,74	143.837,65	123.717,77	12.300,66	11.684,23	13.586,06	12.789,51	14.453,09	11.632,89	13.116,83	9.370,12
40%	207.881,59	118.033,10	143.102,05	144.327,28	124.163,28	12.465,52	11.822,82	13.754,63	12.955,31	14.653,37	11.776,79	13.282,18	9.491,35
45%	210.709,26	118.451,39	143.550,26	144.801,67	124.571,75	12.615,57	11.983,21	13.928,38	13.119,91	14.838,69	11.923,77	13.446,12	9.612,84
50%	213.708,97	118.821,97	144.013,11	145.304,04	125.028,16	12.768,50	12.133,12	14.091,74	13.272,23	15.015,97	12.073,63	13.611,19	9.735,92
55%	216.494,09	119.227,84	144.497,52	145.788,11	125.439,98	12.919,51	12.286,53	14.258,50	13.432,05	15.204,43	12.221,56	13.758,10	9.853,26
60%	219.633,82	119.623,76	144.970,62	146.287,04	125.872,83	13.086,01	12.436,02	14.420,47	13.590,51	15.378,50	12.374,36	13.914,72	9.968,10
65%	222.471,01	120.051,87	145.498,89	146.813,80	126.297,55	13.240,39	12.589,52	14.596,22	13.759,86	15.553,98	12.528,17	14.072,71	10.094,35
70%	225.644,78	120.463,01	146.056,79	147.361,04	126.819,30	13.400,89	12.758,22	14.767,37	13.939,96	15.741,45	12.685,21	14.246,27	10.218,32
75%	228.984,34	120.934,28	146.677,67	147.920,11	127.345,74	13.580,67	12.928,62	14.938,21	14.121,62	15.951,73	12.847,67	14.426,87	10.354,90
80%	232.713,45	121.522,08	147.289,07	148.522,54	127.919,46	13.764,55	13.097,43	15.151,27	14.335,66	16.176,77	13.033,10	14.632,61	10.496,15
85%	236.693,16	122.144,11	148.011,15	149.260,91	128.582,70	13.981,37	13.309,54	15.393,23	14.560,31	16.420,09	13.232,48	14.862,08	10.650,54
90%	242.321,55	122.896,16	149.011,36	150.157,88	129.405,51	14.226,65	13.535,83	15.676,03	14.809,61	16.703,32	13.458,53	15.144,68	10.830,54
95%	250.767,57	124.045,96	150.322,96	151.558,45	130.647,56	14.540,16	13.828,62	16.008,75	15.118,71	17.047,78	13.754,18	15.470,31	11.071,37
100%	293.089,93	129.674,22	158.381,85	159.959,51	136.713,88	15.000,78	14.283,09	16.511,25	15.595,09	17.575,66	14.203,27	15.959,90	11.417,18



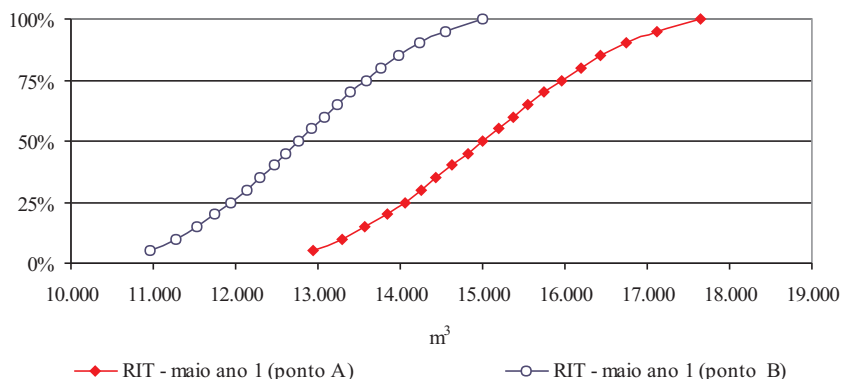
Na Figura 5, derivada das colunas para U nas tabelas 18 e 19, apresentam-se os gráficos da probabilidade acumulada do valor presente líquido total (U) para os padrões de cultivo relativos à maximização de U (ponto A na Figura 4) e à minimização do requerimento de irrigação (RIT) nos meses críticos, para U igual a R\$ 275.000,00 (ponto B na Figura 4). Observa-se que, apesar do ponto B ser relativo a um valor de U inferior, ainda que em apenas 1,22% em relação ao valor de U no ponto A, o gráfico da distribuição de U relativo ao ponto A encontra-se ligeiramente à esquerda do relativo ao ponto B. Isso indica que, para uma mesma probabilidade acumulada, os valores de U relativos ao ponto B são ligeiramente superiores. Este fato provavelmente ocorre devido ao caráter estocástico da variável de entrada, requerimento de irrigação, em base mensal, para as diferentes culturas.



**Figura 5.** Probabilidade acumulada do valor presente líquido total (U) para os padrões de cultivo relativos à maximização de U (ponto A) e à minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos, para U igual a R\$ 275.000 (ponto B), no projeto Jaíba

Na Figura 6, são apresentados os gráficos da probabilidade acumulada do requerimento de irrigação total (RIT), no mês de maio do ano 1, para os padrões de cultivo relativos à maximização de U (ponto A na Figura 4) e à minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos, para U igual a R\$ 275.000,00 (ponto B na Figura

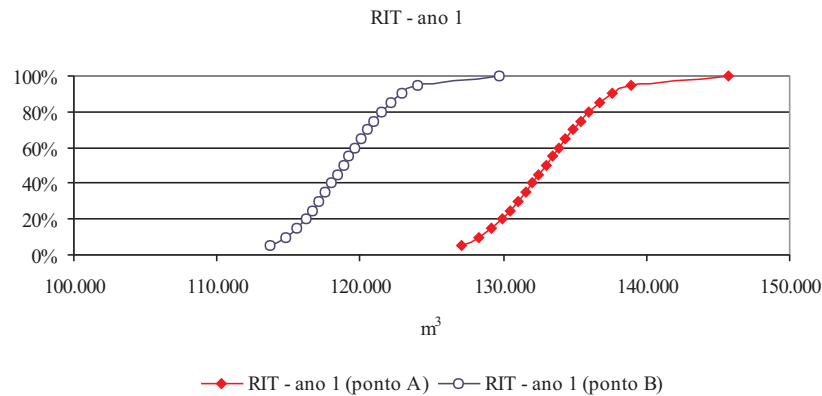
4). O mês de maio no ano 1 é um dos meses em que a restrição quanto à disponibilidade de água, igual a 15.000 m<sup>3</sup> (Tabela 12), foi atuante. Observa-se no gráfico relativo ao ponto A a probabilidade de cerca de 50% de RIT ser superior ao valor da restrição, o que poderia comprometer o sucesso do empreendimento devido ao risco de escassez de água. Adotando-se o padrão de cultivo relativo ao ponto B, não se verifica a probabilidade de RIT ser superior à restrição. Esta verificação aponta para a potencialidade da metodologia de planejamento aqui apresentada na busca de padrões de cultivo que acarretem menores riscos de escassez de água.



**Figura 6.** Probabilidade acumulada do requerimento de irrigação total (RIT), no mês de maio do ano 1, para os padrões de cultivo relativos à maximização do valor presente líquido total U (ponto A) e à minimização de RIT nos meses críticos, para U igual a R\$ 275.000 (ponto B), projeto Jaíba

Apresenta-se, na Figura 7, os gráficos da probabilidade acumulada do requerimento de irrigação total (RIT), no ano 1, para os padrões de cultivo relativos à maximização de U (ponto A na Figura 4) e à minimização do requerimento de irrigação nos meses críticos, para U igual a R\$ 275.000,00 (ponto B na Figura 4). Nesta figura, observa-se que o gráfico para o padrão de cultivo relativo ao ponto B está à esquerda do relativo ao ponto A, indicando a expressiva redução do

requerimento de irrigação anual, também em termos estocásticos (em todo intervalo de probabilidade acumulada).



**Figura 7.** Probabilidade acumulada do requerimento de irrigação total (RIT), no ano 1, para os padrões de cultivo relativos à maximização de do valor presente líquido total U (ponto A) e à minimização de RIT nos meses críticos, para U igual a R\$ 275.000,00 (ponto B), projeto Jaíba

## 2. Conclusões

- Em um estudo de caso realizado no Projeto Jaíba com uma propriedade de 19 hectares, o valor presente líquido total foi de R\$ 278.394,48 para um cenário de quatro anos.
- Reduzindo-se em apenas 1,22% o valor presente líquido total, há uma redução de 11,65% no requerimento de água das culturas, o que torna a exploração mais segura nos meses críticos de disponibilidade de água.
- Quando se realiza uma análise de risco do empreendimento, atrelando-se a algumas variáveis de entrada do modelo um valor de probabilidade de ocorrência, o valor presente líquido total cai para R\$ 211.973,71, ou seja, 24% menor que o valor obtido com a análise não-estocástica.

- Quando se trabalha com a rentabilidade máxima, existe uma probabilidade de 50% de que o requerimento total de água seja superior ao valor permitido, o que poderia comprometer a sustentabilidade do empreendimento devido ao risco de escassez de água.
- Os modelos de simulação descritos neste documento demonstraram serem ferramentas muito úteis no planejamento e na tomada de decisão em perímetros de irrigação.

### 3. Referência Bibliográfica

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: F.A.O., 1998. 300 p. (Paper, 56)

ANDRADE, C. DE L. T. DE; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; FERREIRA, P. A.. Planejamento de padrão de cultivo em agricultura irrigada. Parte 2: Análise de Risco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Agroenergia e desenvolvimento tecnológico**: anais. João Pessoa: SBEA, 2006. CD-ROM.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; HEDDEN-DUNKHORST, B.; FERREIRA, P. A. Decision support based on bio-economic simulations for irrigated agriculture. In: TROPENTAG: CONFERENCE ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT, 2007, Witzenhausen. **Proceedings...** Witzenhausen: Universities of Kassel-Witzenhausen and Göttingen, 2007. Disponível em: <http://www.tropentag.de/2003/abstracts/full/224.pdf>.

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANDRADE, C. DE L. T. de; FERREIRA, P. A. Modelo computacional para suporte à decisão em irrigação e drenagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO COOPERATIVO, 2., 2005, Londrina. **Agronegócio, tecnologia e inovação**: anais. Londrina: SBI-Agro, 2005. Não paginado. 2005.

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANDRADE, C. DE L. T. de; FERREIRA, P. A. Planejamento de padrão de cultivo em agricultura irrigada. Parte 1: Modelo de Programação Linear. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Agroenergia e desenvolvimento tecnológico**: anais. João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD-ROM.

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANDRADE, C. L. T.; FERREIRA, P. A.; SOUSA JÚNIOR, G. G. Programa computacional para simulação de risco em modelos de programação linear para agricultura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito, MS. **Inovação tecnológica**: reorganização e sustentabilidade dos espaços produtivos: anais. Bonito: SBEA, 2007. CD-ROM.

BORGES JÚNIOR, J. C. F. **Modelo computacional para tomada de decisão em agricultura irrigada**. 2004. 226 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO. FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. FAO: Rome, 1977. 144 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24)

FERREIRA, P. A.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; HEDEN-DUNKHORST, B.; ANDRADE, C. L. T. Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas. Parte II: Testes e aplicação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 783-791, 2006. Online.

FRIZZONE, J. A., SILVEIRA, S. F. R. **Análise de viabilidade econômica de projetos hidroagrícolas**. Brasília, DF: ABEAS, 1996. 88 p.

HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R. B. M.; ANDERSON, J. R.; LIEN, G. **Coping with risk in agriculture**. 2nd. ed. London: CABI, 2004. 352 p.

HAZELL, P. B. R., NORTON, R. D. **Mathematical programming for economic analysis in agriculture**. New York: Macmillan, 1986. 400 p.

LIMA, K. L.; CAVALCANTE, L. F.; FEITOSA FILHO, J. C. Efeito de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. Sources effect and levels of the irrigation water salinity over the germination and growth of pine cone. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 135-144, mai. 2001

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; MUDRIK, A. Irrigação do cafeeiro – em que condições a irrigação é necessária e como irrigá-lo nestas condições. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa: UFV, 2003. p. 279-318.

PAES, H. M. F.; SOUZA, E. F. de; BERNARDO, S.; GOTTARDO, R.; SILVA, M. G.; AMARAL, T. L.; JASMIM, J. Coeficiente cultural do quiabeiro (*Abmoschus esculentos* (L.) Moench) em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 49. , 2003, Fortaleza. **Horticultura tropical em regiões semi-áridas: programas e resumos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. p. 157. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 67).

SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, MARCOS VINICIUS; SILVA, C. R.; ALVES JÚNIOR, J.; PIRES, R. C. M. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do maracujazeiro amarelo conduzido sob duas orientações de plantio. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 90-106, 2006

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. Freqüência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 659-664, abr. 1999.

## **Lista de anexos**

Anexo 1. Base de dados, contendo informações de área em produção, produção, comercialização, produtividade, preço e preço corrigido

Anexo 2. Requerimento de irrigação obtido de simulações com o programa MCID

Anexo 3. Requerimento de mão de obra em base mensal

### **Anexo 1**

**Base de dados, contendo informações de área em produção, produção, comercialização, produtividade, preço e preço corrigido**

### **Considerações iniciais**

Os preços foram corrigidos com base no IPCA anual (Índice de Preços ao Consumidor Ampliado; Ipeadata<sup>1</sup>, Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor). No período (1999 a 2006), foram empregados os seguintes valores de IPCA:

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - <http://www.ipeadata.gov.br/>



Observa-se que, para o ano de 2005, que marcou a transição dos serviços de extensão rural nos perímetros Jaíba e Gortuba, os dados ainda não estavam disponibilizados por ocasião da finalização do projeto.

### Perímetro de irrigação do Jaíba - culturas anuais

Cultura: abóbora japonesa

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	171,10	2083,09	502.418,00	12,17	241,19	397,04
2000	204,45	3906,00	527.357,00	19,10	135,01	209,73
2001	70,80	944,57	274.921,00	13,34	291,05	419,90
2002	41,00	657,00	198.240,00	16,02	301,74	386,84
2003	128,70	969,20	387.534,00	7,53	399,85	469,01
2004	190,52	2430,99	673.390,00	12,76	277,00	301,96
2005						
2006	19,77	222,09	65.640,00	11,23	295,56	295,56

Cultura: alface semente

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	6,90	2,55	12.550,00	0,37	4.921,57	8.101,85
2000	9,85	5,42	27.890,00	0,55	5.145,76	7.993,35
2001	23,34	41,00	284.250,00	1,76	6.932,93	10.002,04
2002	28,35	13,04	99.520,00	0,46	7.631,90	9.784,42
2003	35,00	15,40	139.851,00	0,44	9.083,59	10.654,67
2004						
2005						
2006	30,36	132,12	227.100,00	4,35	1.718,89	1.718,89

### Cultura: algodão

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	82,45	86,70	46.960,00	1,05	541,64	891,64
2000	11,50	9,44	5.438,00	0,82	576,06	894,84
2001	59,97	87,17	54.230,00	1,45	622,12	897,52
2002	64,60	107,73	66.820,00	1,67	620,25	795,19
2003	125,52	20,10	26.793,30	0,16	1.333,00	1.563,55
2004	217,89	364,81	354.290,00	1,67	971,16	1.058,67
2005						
2006						

### Cultura: cebola

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	143,28	4.461,53	1.142.918,00	31,14	256,17	421,71
2000	253,96	7.532,82	1.391.760,00	29,66	184,76	287,00
2001	244,23	7.589,79	2.205.145,00	31,08	290,54	419,16
2002	193,80	4.757,72	1.530.918,00	24,55	321,78	412,53
2003	92,75	2.543,26	896.852,62	27,42	352,64	413,63
2004	55,72	1.051,54	1.232.990,00	18,87	1.172,56	1.278,21
2005						
2006	24,11	351,90	217.200,00	14,60	617,22	617,22

### Cultura: cenoura

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	10,74	128,05	31.740,00	11,92	247,87	408,04
2000	7,76	171,95	50.945,00	22,16	296,28	460,23
2001	12,51	164,95	40.560,00	13,19	245,89	354,75
2002	11,24	159,52	53.850,00	14,19	337,58	432,79
2003	9,12	195,03	61.369,40	21,38	314,67	369,09
2004	9,69	189,04	66.900,00	19,51	353,89	385,78
2005						
2006	7,49	104,30	53.650,00	13,93	514,38	514,38

**Cultura: feijão**

<b>Ano</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Produção (t)</b>	<b>Comerciali- zação (R\$)</b>	<b>Produtividade (t/ha)</b>	<b>Preço (R\$/t)</b>	<b>Preço corr. (R\$/t)</b>
1999	1.366,55	1.396,08	1.165.720,00	1,02	835,00	1.374,56
2000	425,59	606,44	423.337,00	1,42	698,07	1.084,37
2001	586,02	1.165,27	1.003.735,00	1,99	861,38	1.242,69
2002	1.037,41	1.956,58	2.267.058,00	1,89	1.158,68	1.485,48
2003	1.470,64	2.339,85	2.723.086,08	1,59	1.163,79	1.365,07
2004	910,02	1547,19	1.717.210,00	1,70	1.109,89	1.209,89
2005						
2006	593,25	11803,45	13.664.180,00	19,90*	1.157,64	1.157,64

\* valor inconsistente, desconsiderado nas análises

**Cultura: melancia**

<b>Ano</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Produção (t)</b>	<b>Comerciali- zação (R\$)</b>	<b>Produtividade (t/ha)</b>	<b>Preço (R\$/t)</b>	<b>Preço corr. (R\$/t)</b>
1999	205,13	8.535,65	1.217.428,00	41,61	142,63	234,79
2000	257,30	6.318,98	836.832,00	24,56	132,43	205,72
2001	308,77	5.685,31	832.960,00	18,41	146,51	211,37
2002	255,77	6.392,83	924.670,00	24,99	144,64	185,44
2003	259,94	4.104,00	546.552,00	15,79	133,18	156,21
2004	82,75	865,51	187.380,00	10,46	216,50	236,00
2005						
2006	49,73	763,88	173.800,00	15,36	227,52	227,52

**Cultura: melancia semente**

<b>Ano</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Produção (t)</b>	<b>Comerciali- zação (R\$)</b>	<b>Produtivi- dade (t/ha)</b>	<b>Preço (R\$/t)</b>	<b>Preço corr. (R\$/t)</b>
1999	0,80	0,08	3.200,00	0,100		
2000	12,96	2,07	16.442,00	0,160	7.943,00	12.338,55
2001	30,50	20,69	68.680,00	0,678	3.319,48	4.788,96
2002	28,10	4,29	39.510,00	0,153	9.209,79	11.807,34
2003	167,70	6,33	73.255,00	0,038	6.620,13	7.765,13
2004	98,40	46,15	547.400,00	0,469	11.861,32	12.930,06
2005						
2006	30,73	5,63	71.930,00	0,18	12.776,20	12.776,20

Cultura: melão

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comerciali- zação (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	6,50	63,13	21.162,00	9,71	335,23	551,86
2000	31,06	268,87	112.660,00	8,66	419,01	650,89
2001						
2002	9,30	125,50	53.280,00	13,49	424,54	544,28
2003	5,00	50,00	27.500,00	10,00	550,00	645,13
2004						
2005						
2006						

Cultura: milho

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comerciali- zação (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	519,67	1.595,85	263.795,50	3,07	165,30	272,12
2000	730,96	2.107,57	353.014,00	2,88	167,50	260,19
2001	1.051,55	2.406,72	414.450,00	2,29	172,21	248,44
2002	728,32	2.082,93	374.510,00	2,86	179,80	230,51
2003	808,67	2.098,35	694.125,51	2,59	330,80	388,01
2004	725,09	1.687,89	548.420,00	2,33	324,91	354,19
2005						
2006	451,03	985,45	279.900,00	2,18	284,03	284,03

Cultura: pepino para conserva

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comerciali- zação (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	17,51	294,72	101.128,00	16,83	343,13	564,86
2000	14,20	133,24	13.888,00	9,38	104,23	161,91
2001	0,50	3,00	2.700,00	6,00	900,00	1.298,42
2002	32,70	661,80	480.620,00	20,24	726,23	931,06
2003	81,00	1.205,62	530.434,00	14,88	439,97	516,06
2004	92,00	1.173,56	759.390,00	12,76	647,08	705,39
2005						
2006	19,15	336,80	194.380,00	17,59	577,14	577,14

Cultura: quiabo fruto

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	10,18	42,88	14.840,00	4,21	346,08	569,72
2000	15,02	63,27	24.830,00	4,21	392,46	609,64
2001	14,50	78,42	27.290,00	5,41	348,00	502,05
2002	16,53	93,51	31.220,00	5,66	333,87	428,03
2003	24,98	249,59	121.133,98	9,99	485,33	569,27
2004	29,17	199,36	101.710,00	6,83	510,18	556,15
2005						
2006	25,46	285,63	152.580,00	11,22	534,19	534,19

Cultura: quiabo semente

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	41,30	43,57	79.460,00	1,05	1.823,73	3.002,21
2000	18,17	15,12	32.130,00	0,83	2.125,00	3.300,95
2001	44,84	42,90	56.240,00	0,96	1.310,96	1.891,30
2002	47,20	40,36	91.110,00	0,86	2.257,43	2.894,12
2003	53,60	47,43	117.753,00	0,88	2.482,67	2.912,07
2004						
2005						
2006	15,70	43,95	188.500,00	2,80	4.288,96	4.288,96

Cultura: tomate de mesa

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	13,74	138,83	40.830,00	10,1	294,10	484,15
2000	36,47	793,66	152.278,00	21,8	191,87	298,05
2001	6,42	148,16	49.170,00	23,1	331,87	478,79
2002	6,06	153,86	64.510,00	25,4	419,28	537,53
2003	4,85	175,70	73.420,50	36,2	417,87	490,15
2004	5,62	162,13	79.630,00	28,8	491,15	535,40
2005						
2006	17,13	795,80	497.880,00	46,46	625,63	625,63

### Perímetro de irrigação Jaíba - culturas perenes

Cultura: banana

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comerciali- zação (R\$)	Y* (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço (R\$/cx22kg)	Preço corr (R\$/t)	Preço corr (R\$/cx2 2kg)
1999	2.012,67	21.235,84	4.528.671,00	10,55	213,26	4,69	351,06	7,72
2000	1.463,40	29.210,87	6.677.041,00	19,96	228,58	5,03	355,07	7,81
2001	2.008,50	40.168,52	10.099.637,00	20,00	251,43	5,53	362,74	7,98
2002	1.843,20	44.218,40	10.654.689,00	23,99	240,96	5,30	308,92	6,80
2003	1.786,65	29.793,92	14.524.850,51	16,68	487,51	10,73	571,83	12,58
2004	1.605,55	28.322,29	14.390.110,00	17,64	508,08	11,18	553,86	12,19
2005								
2006								

\* produtividade

Cultura: limão

Ano	Área (ha)	Produção o (t)	Comerciali- zação (R\$)	Produtivida de (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	94,70	310,52	75.350,00	3,28	242,66	399,46
2000	92,97	793,01	414.500,00	8,53	522,69	811,94
2001	106,45	1.064,29	210.339,00	10,00	197,63	285,12
2002	89,10	1.824,99	528.943,00	20,48	289,83	371,58
2003	399,68	3.455,67	751.276,10	8,65	217,40	255,01
2004	272,68	4.025,12	1.167.080,00	14,76	289,95	316,07
2005						
2006	196,64	1.592,26	621.770,00	8,10	390,50	390,50

**Cultura: mamão papaya**

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	75,85	1.149,93	360.810,00	15,16	313,77	516,52
2000	98,30	2.028,33	521.081,00	20,63	256,90	399,07
2001	101,50	2.041,42	655.854,00	20,11	321,27	463,50
2002	117,89	2.822,67	500.393,00	23,94	177,28	227,28
2003	180,59	2.498,25	445.451,95	13,83	178,31	209,15
2004	152,11	1.961,96	436.550,00	12,90	222,51	242,56
2005						
2006	38,33	206,10	82.640,00	5,38	400,97	400,97

- Mamão do grupo Solo ↔ Havaí
- A cultivar Baixinho de Santa Amália pertence ao grupo Solo ou Havaí
- O mamão 'Golden', mutante do mamão 'Sunrise Solo', possui coloração de casca mais clara e suspeita-se que amadurece mais rapidamente que seu material de origem

**Cultura: maracujá**

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comercialização (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	3,00	2,15	1.040,00	0,72	483,72	796,30
2000	25,56	305,32	91.798,00	11,95	300,66	467,04
2001	77,37	766,69	279.974,00	9,91	365,17	526,83
2002	47,77	1155,00	466.961,00	24,18	404,30	518,32
2003	47,61	266,35	120.396,12	5,59	452,02	530,20
2004	30,22	50,62	54.990,00	1,68	1.086,33	1.184,21
2005						
2006	4,00	18,70	9.100,00	4,68	486,63	486,63

Cultura: Pinha (diversas)

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Comerciali- zação (R\$)	Produtividade (t/ha)	Preço (R\$/t)	Preço corr. (R\$/t)
1999	0,00	0,00	0,00			
2000	0,00	0,00	0,00			
2001	2,50	3,50	7.000,00	1,40	2.000,00	2.885,37
2002	8,50	53,76	73.380,00	6,32	1.364,96	1.749,93
2003	51,25	74,85	112.156,31	1,46	1.498,41	1.757,58
2004	22,80	78,99	151.370,00	3,46	1.916,32	2.088,98
2005						
2006	28,50	98,95	176.300,00	3,47	1.781,71	1.781,71

## Anexo 2

*Requerimento de irrigação obtido de simulações com o programa MCID*

### Considerações iniciais

Neste anexo, são apresentados os resultados de requerimento de irrigação obtidos com o MCID para diferentes culturas em uma condição de solo no perímetro de irrigação do Jaíba.

Para as culturas perenes, os resultados são apresentados em tabelas conforme as entradas nos modelos de programação linear para otimização do padrão de cultivo. Nestes modelos, foram considerados dois cultivos de maracujá, sendo o segundo iniciado um ano após o primeiro. Assim, os requerimentos de irrigação para o maracujá no segundo cultivo (Maracujá 2), obtidos de simulações com o MCID, são idênticos, porém defasados em um ano em relação àqueles para o maracujá no primeiro cultivo (Maracujá 1), conforme se observa nas tabelas de requerimento de irrigação para as culturas perenes no perímetro do Jaíba.



**Requerimento de irrigação no perímetro de irrigação do Jaíba - culturas perenes.**

Obs: os valores de requerimento de irrigação estão em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

	Mês	Banana	Limão	Mamão	Maracujá		Pinha
					1	2	
ano 1	jan	575,31	372,42	562,81			446,91
	fev	582,98	393,36	579,30			579,29
	mar	566,66	414,00	630,64			752,23
	abr	616,97	562,71	736,23			837,18
	mai	768,92	682,64	801,77			866,35
	jun	961,88	670,98	762,04			811,28
	jul	1.295,35	761,14	836,31			894,00
	ago	1.728,89	877,99	1.005,23			1.071,35
	set	1.842,20	933,97	1.058,92			1.120,29
	out	1.789,39	893,04	973,62	620,31		1.048,44
	nov	1.216,58	568,76	632,34	477,26		691,54
	dez	1.003,97	466,18	550,55	654,17		592,74
ano 2	jan	1.162,71	589,16	674,34	597,08		716,80
	fev	1.229,24	663,01	718,86	651,01		774,33
	mar	1.191,87	637,84	739,97	977,50		786,40
	abr	1.233,28	699,23	785,88	1.022,18		837,18
	mai	1.275,22	724,20	807,11	1.045,57		866,35
	jun	1.220,04	663,09	757,08	963,96		811,28
	jul	1.397,73	763,17	840,77	1.057,66		894,00
	ago	1.721,01	881,05	1.003,65	1.188,68		1.071,35
	set	1.842,20	931,27	1.058,96	1.238,35		1.120,29
	out	1.789,39	893,04	973,62	1.124,25	620,31	1.048,44
	nov	1.216,58	568,76	632,34	705,69	477,26	691,54
	dez	1.003,97	466,18	550,55	567,85	654,17	592,74

**Requerimento de irrigação no perímetro de irrigação do Jaíba - culturas perenes. (Continuação)**

	Mês	Banana	Limão	Mamão	Maracujá		Pinha
					1	2	
ano 3	jan	1.162,71	589,16	665,06	582,33	597,08	716,80
	fev	1.229,24	663,01	718,86	810,55	651,01	774,33
	mar	1.191,87	637,84	739,97	999,37	977,50	786,40
	abr	1.233,28	699,23	772,31	1.021,77	1.022,18	837,18
	mai	1.275,22	724,20	812,54	1.045,57	1.045,57	866,35
	jun	1.220,04	663,09	735,14	936,28	963,96	811,28
	jul	1.397,73	763,17		945,37	1.057,66	894,00
	ago	1.721,01	881,05		579,62	1.188,68	1.071,35
	set	1.842,20	931,27			1.238,35	1.120,29
	out	1.789,39	893,04			1.124,25	1.048,44
	nov	1.216,58	568,76			705,69	691,54
	dez	1.003,97	466,18			567,85	592,74
ano 4	jan	1.162,71	589,16			582,33	716,80
	fev	1.229,24	663,01			810,55	774,33
	mar	1.191,87	637,84			999,37	786,40
	abr	1.233,28	699,23			1.021,77	837,18
	mai	1.275,22	724,20			1.045,57	866,35
	jun	1.220,04	663,09			936,28	811,28
	jul	1.397,73	763,17			945,37	894,00
	ago	1.721,01	881,05			579,62	1.071,35
	set	1.842,20	931,27				1.120,29
	out	1.789,39	893,04				1.048,44
	nov	1.216,58	568,76				691,54
	dez	1.003,97	466,18				592,74

### Requerimento de irrigação no Perímetro de Irrigação Jaíba - culturas anuais

Obs: os valores de requerimento de irrigação estão em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

Mês	Feijão 1	Feijão 2	Feijão 3	Melancia	Melancia Semente	Melão
jan	783,29					184,28
fev	1.318,95					441,96
mar	1.286,02					532,59
abr						132,24
mai		875,69				
jun		1.237,52				
jul		1.226,34				
ago						
set				447,84	447,84	
out			1.102,84	656,64	656,64	
nov			1.210,57	276,02	276,02	
dez			1.023,15			

\* Plantio em novembro

Mês	Milho Dezembro*	Milho Fevereiro	Pepino Conserva	Quiabo Fruto	Quiabo Semente**	Tomate Mesa
jan	966,49		600,79	276,83	1.181,01	
fev	1.254,81	415,73	1.073,28	629,65	539,63	278,70
mar	955,70	1.022,37	643,59	1.167,10		462,51
abr		1.430,41		1.223,83		495,07
mai		1.096,07		1.218,57		267,87
jun				1.095,69		
jul				85,15		
ago						
set					843,46	
out					1.267,25	
nov					1.109,42	
dez	348,50				991,79	

\* Plantio em dezembro

\*\* Plantio em setembro

## **Anexo 3**

### *Requerimento de mão-de-obra em base mensal*

#### **Considerações iniciais**

Neste anexo, são apresentados os requerimentos mensais de mão-de-obra, para as diferentes culturas, empregados nos modelos de programação linear como coeficientes técnicos das equações de restrições mensais de mão-de-obra.

A definição dos requerimentos de mão-de-obra em base mensal para os diferentes cultivos foi baseada em planilhas de custos e coeficientes técnicos fornecidos pelo Distrito de Irrigação Jaíba (DIJ), ou seja, as demandas de dias-homens para operações de plantio, tratos culturais, colheita etc. informadas nas planilhas foram divididas ao longo dos meses de cultivo.

Para as culturas perenes, os resultados são apresentados em tabelas conforme as entradas nos modelos de programação linear para otimização do padrão de cultivo. Nestes modelos, foram considerados dois cultivos de maracujá, sendo o segundo iniciado um ano após o primeiro. Assim, os requerimentos de mão-de-obra para o maracujá no segundo cultivo (Maracujá 2), obtidos de simulações com o MCID, são idênticos, porém defasados em um ano em relação àqueles para o maracujá no primeiro cultivo (Maracujá 1), conforme se observa nas tabelas a seguir.

Requerimento mensal de mão de obra (dias-homens ha<sup>-1</sup>) para culturas perenes.

	Mês	Banana	Limão	Mamão	Maracujá		Pinha
					1	2	
ano 1	jan	21.0	24	18.0			42
	fev	8.0	5	27.0			5
	mar	16.0	6	12.0			5
	abr	3.7	7	13.3			5
	mai	8.0	9	9.8			13
	jun	15.9	7	42.1			5
	jul	4.3	7	2.7			7
	ago	7.1	7	3.2			7
	set	5.3	8	3.3			11
	out	4.4	7	2.1	49		8
	nov	0.8	2	0.0	4		8
	dez	1.0	0	0.0	5		5
ano 2	jan	30.2	3	0.0	9		4
	fev	9.6	5	23.0	14		7
	mar	1.8	7	0.0	17		10
	abr	3.5	10	25.7	22		7
	mai	29.9	9	15.2	30		6
	jun	6.2	8	105.4	30		4
	jul	24.7	8	102.7	31		4
	ago	5.6	7	3.2	31		11
	set	25.9	14	3.3	32		11
	out	8.4	6	2.1	28	49	13
	nov	0.8	6	0.0	18	4	11
	dez	0.0	3	0.0	11	5	13

Requerimento mensal de mão de obra (dias-homens ha<sup>-1</sup>) para culturas perenes (Continuação).

	Mês	Banana	Limão	Mamão	Maracujá		Pinha
					1	2	
ano 3	jan	30.2	5	14.0	8	9	5
	fev	9.6	8	0.0	31	14	7
	mar	1.8	8	12.0	31	17	10
	abr	3.5	11	9.7	32	22	7
	mai	29.9	10	127.2	28	30	6
	jun	6.2	8	2.4	18	30	4
	jul	24.7	8		11	31	6
	ago	5.6	8		8	31	12
	set	25.9	15			32	15
	out	8.4	6			28	22
	nov	0.8	6			18	26
	dez	0.0	4			11	26
ano 4	jan	30.2	7			8	14
	fev	9.6	10			31	7
	mar	1.8	11			31	10
	abr	3.5	13			32	7
	mai	29.9	10			28	6
	jun	6.2	8			18	4
	jul	24.7	8			11	15
	ago	5.6	10			8	16
	set	25.9	14				20
	out	8.4	6				26
	nov	0.8	7				32
	dez	0.0	4				34

Requerimento mensal de mão de obra (dias-homens ha<sup>-1</sup>) para culturas anuais

Mês	Abóbora Japonesa	Alface Semente	Algodão	Cebola Inverno	Cebola Verão *	Cenoura
jan					13.0	33
fev					91.0	17
mar			7			92
abr	30	49	12	20.9		
mai	16	27	6	20.5		
jun	18	55	15	14.0		
jul	19			119.0		
ago						
set						
out						
nov					20.9	
dez					20.5	

\* Plantio em novembro

Mês	Feijão 1	Feijão 2	Feijão 3	Melancia	Melancia Semente	Melão
jan	2.2					32
fev	17.6					23
mar	10.6					30
abr						
mai		3.6				
jun		19.5				
jul		12.3				
ago						
set				18	75	
out			3.4	21	85	
nov			17.0	34	21	
dez			9.0			

74 Avaliação de Estratégias de Produção em Agricultura Irrigada no Perímetro de Irrigação do Jaíba

Mês	Feijão 1	Feijão 2	Feijão 3	Melancia	Melancia Semente	Melão
jan	2.2					32
fev	17.6					23
mar	10.6					30
abr						
mai		3.6				
jun		19.5				
jul		12.3				
ago						
set				18	75	
out			3.4	21	85	
nov			17.0	34	21	
dez			9.0			

Mês	Milho Dezembro*	Milho Fevereiro	Pepino Conserva	Quiabo Fruto	Quiabo Semente**	Tomate Mesa
jan	11		20	14	23	
fev	8	2.2	66	8	28	183
mar	12	11	258	27		76
abr		8		25		136
mai		12		35		164
jun				44		
jul				33		
ago						
set					10	
out					7	
nov					5	
dez	2.2				7	

\* Plantio em dezembro

\*\* Plantio em setembro