



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

FABIO CHAFFIN BARBOSA

**ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES DE IRRIGAÇÃO E AVALIAÇÃO
DO IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS
NA BACIA DO BAIXO JAGUARIBE - CE**

**FORTALEZA
2005**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FABIO CHAFFIN BARBOSA

**ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES DE IRRIGAÇÃO E AVALIAÇÃO
DO IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS
NA BACIA DO BAIXO JAGUARIBE - CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Adunias dos Santos Teixeira, Ph.D

**FORTALEZA
2005**

FABIO CHAFFIN BARBOSA

**ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES DE IRRIGAÇÃO E AVALIAÇÃO
DO IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS
NA BACIA DO BAIXO JAGUARIBE - CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 7 de março de 2005

BANCA EXAMINADORA

Prof. Adunias dos Santos Teixeira (Orientador), Ph.D
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Raimundo Nonato Távora Costa, Dr.
Universidade Federal do Ceará - UFC

Fábio Rodrigues de Miranda, Ph.D
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

*Aos meus pais: Ernani e Nely,
pelo patrimônio da formação que
proporcionaram-me,*

Ofereço.

*À minha esposa Simone
e minhas filhas Maína e Milena,
pelo amor e estímulo,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pelas orientações precisas em todos os momentos solicitados.

À PROJETEC Projetos Técnicos, na pessoa dos seus diretores André Leitão, João Recena e Luiz Alberto Teixeira, pelo incentivo e apoio prestado.

Ao pesquisador Rubens Sonsol Gondim, pelas orientações prestadas e pelo coleguismo dispensado.

Ao pesquisador Fábio Rodrigues de Miranda e ao professor Raimundo Nonato Távora Costa, pelas valiosas contribuições concedidas na análise do trabalho.

Mais uma vez ao professor Raimundo Nonato, pela orientação e apoio durante todo o curso.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Agrícola pelos preciosos ensinamentos durante o curso.

Aos colegas de mestrado e funcionários do Departamento, pelas colaborações dispensadas.

À Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), pela disponibilização de informações.

Ao colega Roberto Reyes Livera, pela colaboração na revisão do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão da bolsa de formação de pesquisador de mestrado.

Aos demais que, direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho.

RESUMO

Estimar as necessidades de irrigação das culturas exploradas na bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe, no Estado do Ceará, possibilitando um manejo de irrigação mais adequado e suporte técnico no planejamento e concessão de outorgas de direito de uso de água para irrigação, foi o objetivo principal deste trabalho. Também foi analisado o impacto do pagamento da água para irrigação sobre o custo de produção e rentabilidade dos principais produtos agrícolas da região. A partir dos cadastros de outorga de água foram identificadas 36 culturas exploradas com irrigação, com captação a partir do rio Jaguaribe, totalizando uma área de exploração anual de 7.570 ha. Através da interpolação de dados meteorológicos foram obtidos balanços hídricos individualizados por município e, mais especificamente, relativos às regiões irrigadas a partir do rio Jaguaribe, possibilitando uma estimativa mais precisa dos volumes e vazões a serem outorgados para cada área irrigada, com base no município a qual esteja situada. Com os balanços hídricos estimados, valores de Coeficientes Culturais mais ajustados à região e estimativa das eficiências de irrigação alcançadas atualmente foram estimados os volumes de água demandados para irrigação, em cada semana do ano e a vazão contínua necessária para atendimento. A estimativa da demanda anual de água para irrigação na bacia do Baixo Jaguaribe corresponde a 103,8 milhões de metros cúbicos, variando de menos de 73 mil m³ por semana, durante os meses de março e abril, devido a maior concentração de chuvas, a mais de 5 milhões m³ por semana no mês de outubro, que corresponde ao mês de máxima necessidade de irrigação das culturas. De forma patente, a vazão contínua necessária no rio para atendimento da demanda acompanha a flutuação desta, atingindo a 8,4 m³.s⁻¹ no mês de outubro. Simulações de demandas e vazões necessárias para atendimento determinaram potenciais de redução do volume de água utilizado para irrigação de 13,2% a 18,8%, simplesmente com a elevação das eficiências de irrigação a níveis potenciais, com a mudança dos métodos de irrigação por superfície e, ainda, com a substituição da cultura de arroz. Analisando os consumos de água das culturas de arroz, feijão e banana, que totalizam 44% da área irrigada da bacia, associando-os às áreas das unidades produtivas e com as faixas de tarifação pelo uso de recursos hídricos para irrigação em função dos consumos mensais, vigentes no Estado, estimou-se um valor médio de tarifa de R\$ 7,04 /1.000 m³. Projetando-se este valor médio de tarifa para a demanda total de água estimada neste estudo, obteve-se a previsão de arrecadação anual com a cobrança pelo uso de recursos hídricos para irrigação no Baixo Jaguaribe, de R\$ 730.900. O critério do impacto da cobrança de água em relação à receita líquida das culturas foi considerado mais adequado que quando em relação aos custos de produção e sobre o faturamento bruto. A maioria das culturas analisadas apresentou capacidade de pagamento para o maior valor de tarifa previsto, enquanto que a cana-de-açúcar, o arroz e o milho não apresentaram capacidade de pagamento para qualquer faixa de tarifação.

Palavras-chave: irrigação, tarifação, recursos hídricos.

ABSTRACT

The goal of this research was to estimate the irrigation requirements for crops grown in the Low Jaguaribe Basin, Ceará State, Brazil, providing essential information for an adequate irrigation scheduling and the establishment of the water rights for each farm. In addition, an analysis on the impact of the price of water on the farm income was conducted. Based on the Ceará Department of Water Resources database, 36 different crops were identified in the basin, all crops irrigated from water pumped from the Jaguaribe river, amounting to 7,570 ha annual acreage. Interpolation techniques were applied on weather data from four stations to generate individualized water budget for each irrigated field for every county within the basin, leading to a more precise estimation of the volumes and flow rates to be assigned as the water right for that individual farm. Furthermore, planting date, values of crop coefficient for every growth stage, and the efficiency of the irrigation system were applied to estimate the gross weekly water depth and flow rate requirements for every plot in the basin. Total annual water demand for the Low Jaguaribe basin was estimated in 103.8 million cubic meters, ranging from 73 thousand m^3 per week during the months of March and April (due to the peak on the rainy season), to 5 million m^3 per week in October, when the irrigation water requirement peaks. Clearly the unitary flow rate needed to supply irrigation requirement peaks at a value of $8.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in October. Simulations in the demands and on flow rate have indicated volume potentially applied to the field can be reduced in 13.2% to 18.8%, by increasing irrigation efficiency to values compatible with the potential of the irrigation system installed in the field, by replacing the surface irrigation by other more efficient technology, and by replacing rice by another crop. By analyzing the water requirements from rice, cowpea and banana fields, which amounted to 44% of the irrigated acreage in the basin, and taking into account the area of each farm in connection with the water fee to be charged in the state of Ceará, it was found an average value of R\$ 7.04 per 1,000 m^3 of water supplied to the field. Therefore, resulting in an estimated early gross income of R\$ 730,900 from water sale to irrigation in the Low Jaguaribe basin. Three alternative parameters were applied in order to analyze the effect of charging for water: a percentage of the total production cost, a percentage over the gross income, and a percentage over the net benefit. It was found the last parameter produced more adequate results. In addition, it was found most of the crops evaluated, except sugar cane, rice and corn, provided income to pay even for the highest values of water fee posted by the state of Ceará.

Key-words: irrigation, water fee, water resources.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Localização das áreas irrigadas, estações meteorológicas e postos pluviométricos na região em estudo e circunvizinhas.	46
FIGURA 2 –	Composição percentual das culturas irrigadas na região do Baixo Jaguaribe.....	58
FIGURA 3 -	Distribuição percentual das áreas plantadas com irrigação por município na Região do Baixo Jaguaribe.	59
FIGURA 4 –	Participação percentual das áreas plantadas por sistema de irrigação.....	59
FIGURA 5 –	Distribuição do plantio de arroz, por época de plantio.	62
FIGURA 6 –	Distribuição do plantio de feijão, por época de plantio.....	62
FIGURA 7 –	Isoietas (Pef) média do mês de março, determinadas pelo IQD.	64
FIGURA 8 –	Isolinhas de ETo média do mês de outubro, calculadas por Penman-Monteith e determinadas pelo método IQD.....	65
FIGURA 9 –	Lâminas líquidas de irrigação anuais (em mm) para as culturas perenes, considerando a média dos municípios analisados neste estudo.	70
FIGURA 10 –	Vazões contínuas necessárias ao atendimento da demanda de irrigação em cada semana do ano.....	74
FIGURA 11 –	Vazões no rio Jaguaribe regularizadas pelos açudes Orós (de 01/01/97 até 21/08/2002) e Castanhão (de 22/08/02 até 31/12/2004).	75
FIGURA 12 –	Volumes de água liberados por ano no rio Jaguaribe pelos açudes Orós (de 01/01/97 até 21/08/2002) e Castanhão (de 22/08/02 até 31/12/04).	76
FIGURA 13 –	Distribuição das áreas de plantio de arroz em função do enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.	79
FIGURA 14 –	Distribuição das áreas de plantio de feijão em função do enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.	79
FIGURA 15 –	Distribuição das áreas de plantio de banana em função do enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.	79
FIGURA 16 –	Faixas de tarifação e capacidade de pagamento da água com base no limite de 5% da receita líquida das culturas.	84

FIGURA 17 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do açaí.....	97
FIGURA 18 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da acerola.....	97
FIGURA 19 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura das anonáceas.....	98
FIGURA 20 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da banana.....	98
FIGURA 21 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do caju.....	99
FIGURA 22 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da cana.....	99
FIGURA 23 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do capim/pasto.....	100
FIGURA 24 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura dos citros.....	100
FIGURA 25 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do coco.....	101
FIGURA 26 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do figo.....	101
FIGURA 27 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da forragem.....	102
FIGURA 28 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da goiaba.....	102
FIGURA 29 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura de hortaliças.....	103
FIGURA 30 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do mamão.....	103
FIGURA 31 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da manga.....	104
FIGURA 32 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do maracujá.....	104
FIGURA 33 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura de ornamentais.....	105
FIGURA 34 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da sapota/sapoti.....	105

FIGURA 35 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da uva.....	106
FIGURA 36 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do algodão.	107
FIGURA 37 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do arroz.	108
FIGURA 38 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da cebola.....	108
FIGURA 39 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do feijão.	109
FIGURA 40 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da mandioca.....	110
FIGURA 41 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da melancia.....	110
FIGURA 42 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do melão.	111
FIGURA 43 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do milho.....	111
FIGURA 44 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da pimenta.	112
FIGURA 45 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do pimentão.	112
FIGURA 46 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do quiabo.	113
FIGURA 47 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da soja.	113
FIGURA 48 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do sorgo	114
FIGURA 49 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do tomate.	114

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Capacidade de pagamento em função da cultura (ARAÚJO, 1998).	38
TABELA 2 – Quantidade de irrigantes outorgados e área irrigada no Baixo Jaguaribe.....	45
TABELA 3 - Estações meteorológicas (EM) e postos pluviométricos (PP) utilizados no estudo.	47
TABELA 4 - Dados pluviométricos médios mensais das estações e postos utilizados neste estudo.	47
TABELA 5 - ETo média mensal estimada pela equação FAO Penman-Monteith para as estações meteorológicas utilizadas neste estudo.	48
TABELA 6 – Valores de Ea considerados neste estudo para estimativa das demandas de água.	51
TABELA 7 – Valores de eficiências de irrigação (Ea x Ec) considerados neste estudo para estimativa das demandas de água.....	51
TABELA 8 – Custo de produção, produção, valor do produto, receita bruta e receita líquida dos principais produtos agrícolas produzidos na região do Baixo Jaguaribe.	55
TABELA 9 – Áreas irrigadas na Região do Baixo Jaguaribe, por cultura e município, no ano agrícola de 2004.....	58
TABELA 10 – Distribuição dos sistemas de irrigação por município da região do B. Jaguaribe.....	60
TABELA 11 – Distribuição dos sistemas de irrigação por cultura na região do B. Jaguaribe.	60
TABELA 12 – Pef (mm) estimada para os postos pluviométricos utilizados neste estudo.	62
TABELA 13 – Pef (USDA-SCS) por município, estimada com base na média dos valores interpolados (IQD) para as áreas irrigadas.....	66
TABELA 14 – ETo (Penman-Monteith/FAO) por município, estimada com base nos valores interpolados (IQD) para as áreas irrigadas.....	66
TABELA 15 – Comparação entre os valores de Pef do mês de março estimados com os dados dos postos e pela média dos valores interpolados (IQD), para as áreas irrigadas do mesmo município.	67
TABELA 16 – Comparação entre os valores de ETo do mês de outubro estimados com os dados das estações e pela média dos valores interpolados (IQD), para as áreas irrigadas do mesmo município.....	68

TABELA 17 – Banco de dados com a duração dos estádios e valores de Kc das culturas identificadas na região do Baixo Jaguaribe, adaptadas à metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1992).	69
TABELA 18 – Lâminas líquidas de irrigação anuais (em mm) para as culturas semiperenes e perenes, considerando a média dos municípios analisados neste estudo.	70
TABELA 19 – Lâminas líquidas de irrigação (em mm) por ciclo de produção das culturas temporárias, em função do mês de plantio e médias entre os municípios analisados.	71
TABELA 20 – Parâmetros da irrigação das culturas de banana e arroz.	71
TABELA 21 – Demandas semanais de água para irrigação por município e total para região do Baixo Jaguaribe (em $1.000 \text{ m}^3 \cdot \text{semana}^{-1}$) e vazão contínua necessária no rio (em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) para atendimento.	72
TABELA 22 – Demanda anual de água, vazão contínua máxima e comparação entre estes resultados para os cenários previstos.	77
TABELA 23 – Faixas de área das culturas arroz, feijão e banana enquadradas nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.	78
TABELA 24 – Valores da cobrança pelo uso de recursos hídricos por hectare e por safra, para as culturas de arroz e feijão, e por ano, para banana, segundo as faixas de tarifação.	80
TABELA 25 – Custo médio da água para irrigação por hectare e por safra, para as culturas de arroz e feijão, e por ano, para banana e previsão da arrecadação anual com a cobrança no Baixo Jaguaribe.	81
TABELA 26 – Impacto da cobrança da água para irrigação sobre o custo de produção, faturamento bruto e rentabilidade dos principais produtos agrícolas produzidos na bacia do Baixo Jaguaribe.	82
TABELA 27 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do açaí.	97
TABELA 28 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da acerola.	97
TABELA 29 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura das anonáceas.	98
TABELA 30 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da banana.	98
TABELA 31 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do caju.	99
TABELA 32 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da cana.	99

TABELA 33 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do capim/pasto.....	100
TABELA 34 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura dos citros.	100
TABELA 35 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do coco.	101
TABELA 36 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do figo.	101
TABELA 37 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da forragem.....	102
TABELA 38 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da goiaba.	102
TABELA 39 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura de hortaliças.....	103
TABELA 40 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do mamão.	103
TABELA 41 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da manga.	104
TABELA 42 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do maracujá.	104
TABELA 43 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura de ornamentais.	105
TABELA 44 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da sapota/sapoti.....	105
TABELA 45 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da uva.	106
TABELA 46 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do algodão.	107
TABELA 47 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do arroz.	108
TABELA 48 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da cebola.....	108
TABELA 49 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do feijão.	109
TABELA 50 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da mandioca.....	109

TABELA 51 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da melancia.....	110
TABELA 52 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do melão.	110
TABELA 53 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do milho.....	111
TABELA 54 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da pimenta.	112
TABELA 55 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do pimentão.	112
TABELA 56 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do quiabo.	113
TABELA 57 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da soja.	113
TABELA 58 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do sorgo.	114
TABELA 59 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do tomate.	114

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO ..	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Introdução	19
2.2	Requerimento de água das culturas e necessidade de irrigação	20
2.3	Coeficiente de Cultivo (Kc)	22
2.4	Espacialização de parâmetros climáticos	23
2.5	Eficiência de irrigação	25
2.6	Manejo de irrigação	31
2.7	Disponibilidade de recursos hídricos do rio Jaguaribe	31
2.8	Eficiência de uso de recursos hídricos	32
2.9	Outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1	Áreas irrigadas na Região do Baixo Jaguaribe	44
3.2	Estimativa dos balanços hídricos	46
3.3	Coeficiente de Cultivo (Kc)	50
3.4	Eficiência de irrigação	50
3.5	Necessidade de irrigação	52
3.5.1	Lâminas líquidas de irrigação necessárias	52
3.5.2	Lâminas brutas de irrigação	52
3.6	Demanda de água para irrigação no Baixo Jaguaribe e vazões contínuas necessárias para atendimento	53
3.7	Impacto da variação da eficiência de Irrigação na demanda de água na bacia do Baixo Jaguaribe	53
3.8	Determinação das faixas de área por cultura para enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado	54
3.9	Impacto da cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos sobre o custo de produção e receita dos produtos agrícolas	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO ..	57
4.1	Quantificação e análise das áreas irrigadas na região do Baixo Jaguaribe	57
4.2	Estimativa da necessidade de irrigação das culturas	62
4.3	Coeficientes de Cultivo (Kc)	68
4.4	Necessidade de irrigação	69

4.5 Demanda de água para irrigação no Baixo Jaguaribe e vazões contínuas necessárias para atendimento	72
4.6 Impacto da variação da eficiência de irrigação na demanda de água na bacia do Baixo Jaguaribe	76
4.7 Determinação das faixas de área por cultura para enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado	77
4.8 Impacto da cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos sobre o custo de produção, receita bruta e receita líquida dos produtos agrícolas	81
5 CONCLUSÃO	86
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
APÊNDICE A – NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO (LÂMINA LÍQUIDA) MENSAL E ANUAL DE CULTURAS SEMIPERENES E PERENES NA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE.....	97
APÊNDICE B – NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO (LÂMINA LÍQUIDA) POR CICLO DE PRODUÇÃO, EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE PLANTIO PARA AS CULTURAS TEMPORÁRIAS NA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE.....	107

1 INTRODUÇÃO

A bacia do rio Jaguaribe abrange metade do território do Estado do Ceará e concentra mais de 1/3 de sua população. Apresenta um baixo rendimento hidrológico, resultante da heterogeneidade hidroclimatológica da bacia, tanto espacial como temporal, englobando grande parcela das regiões mais secas do Estado, como a dos Inhamuns (precipitação inferior a 450 mm anuais), embora inclua também a região do Cariri (superior a 1.000 mm anuais).

A região deste estudo corresponde ao trecho à jusante do açude Castanhão até o município de Itaiçaba, perfazendo cerca de 180 km. Embora a sub-bacia do Baixo Jaguaribe inicie a partir da ponte do Peixe Gordo, na rodovia BR-116, município de Tabuleiro do Norte (CEARÁ, 2000), para fins deste estudo, foi denominado Baixo Jaguaribe todo o trecho à jusante do açude Castanhão.

A demanda de água do rio Jaguaribe distribui-se entre irrigação (83%), consumo humano (12%) e industrial (5%). Contudo, considerando o abastecimento da região metropolitana de Fortaleza, atualmente através do Canal do Trabalhador e, em um futuro próximo, através também do Eixo de Integração, a partir do açude Castanhão, a participação das demandas de consumo humano e industrial eleva-se para 32% e 21%, respectivamente, enquanto que a da irrigação reduz-se para 47% (CEARÁ, 2000). Estes números indicam a importância da agricultura irrigada para região, assim como o risco desta atividade econômica em função da concorrência pelo uso da água com outras atividades consideradas prioritárias pela legislação de recursos hídricos.

O Banco Mundial (1993 apud KEMPER, 1997) observa que o aproveitamento da água tem sido caracterizado historicamente pela oferta, ou seja, quando a água se tornou escassa, buscou-se uma solução para o aumento da oferta através de novos investimentos na infra-estrutura. Quando a água e os recursos financeiros são escassos, a gestão da demanda entra em ação para controlar e, quando necessário, diminuir o consumo da água.

Kettelhut et al. (1999) salientam que não somente critérios de eficiência econômica devem determinar regras de distribuição de água. A gestão de recursos hídricos, a partir de regras de distribuição da água entre diferentes usos e diferentes usuários de um mesmo uso, pode ter objetivos diversos, algumas vezes contraditórios entre si.

As leis brasileiras que dispõem sobre o meio ambiente e sobre os recursos hídricos propõem o uso de instrumentos *regulatórios* e *econômicos* para a gestão ambiental, com objetivo de buscar acomodar as demandas econômicas, sociais e ambientais por água em níveis sustentáveis, de modo que permita a convivência dos usos atuais e futuros da água sem conflito.

É nesse instante que o instrumento da outorga mostra-se necessário, pois é possível, com ele, assegurar ao usuário o efetivo exercício do direito de acesso à água, bem como realizar os controles quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos. Contudo, os limitados resultados no controle ambiental através da abordagem normativa reforçaram os argumentos em favor do uso dos instrumentos econômicos nas políticas ambientais, apesar das dificuldades existentes no âmbito técnico e político para a sua adoção.

A outorga de direito e a cobrança pelo uso da água, constituem-se relevantes elementos para o controle e a disciplina do uso dos recursos hídricos e compõem o tema central desta dissertação.

Quanto ao estabelecimento da cobrança pelo uso da água, para que cumpra a tarefa de auxílio na política de gestão, incentivando o uso racional dos recursos hídricos, faz-se necessário avaliar a capacidade de pagamento de seus usuários, principalmente do setor de irrigação, em função de utilizar grandes volumes de água para produzir produtos com baixo valor agregado.

O manejo de irrigação permite identificar, com base em critérios técnicos, o momento de início das irrigações, bem como definir a quantidade de água adequada para atender às necessidades hídricas da cultura. A eficiência do uso da água na irrigação depende, entre outros fatores, do conhecimento aprimorado da necessidade hídrica, que pode ser estimada pela diferença entre a necessidade das culturas, determinada pela sua evapotranspiração, e o suprimento natural através da precipitação efetiva.

Com base no exposto foram definidos os seguintes objetivos para área em estudo, correspondente a bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe:

- a) identificação das áreas irrigadas em termos de localização, culturas exploradas, áreas, épocas de plantio, métodos e sistemas de irrigação utilizados;
- b) proporcionar meios para uma estimativa mais precisa do balanço hídrico e das necessidades de irrigação das culturas, possibilitando um manejo de

irrigação mais adequado e suporte técnico no planejamento e concessão de outorgas de direito de uso de água para irrigação, através da:

~ estimativa de valores regionalizados de precipitação efetiva e evapotranspiração de referência através da interpolação dos dados meteorológicos de estações situadas na região de interesse;

~ elaboração de um banco de dados com as durações dos estádios e valores de Coeficientes Culturais (K_c) mais ajustados à região;

~ estimativa das eficiências de irrigação alcançadas atualmente e potenciais;

c) estimativa dos volumes de água demandados para irrigação, em cada semana do ano e vazão contínua necessária para atendimento;

d) simulação de cenários para obtenção de novas estimativas dos volumes de água demandados para irrigação e vazão contínua necessária para atendimento em função da variação das eficiências de irrigação, da mudança de métodos e sistemas de irrigação e da substituição de culturas;

e) determinação das quantidades de áreas de produção e o total de área enquadrada em cada faixa de tarifação pelo direito de uso de água para irrigação vigente no Estado;

f) determinação do custo pelo direito de uso dos recursos hídricos para irrigação, por hectare e por safra;

g) determinação do valor médio da tarifa em função das dimensões das áreas produtivas e necessidades de irrigação;

h) estimativa da arrecadação decorrente da cobrança pelo uso de recursos hídricos para irrigação na região em estudo;

i) avaliação do impacto da cobrança pelo direito de uso de água sobre o custo de produção e sobre a rentabilidade dos produtos agrícolas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Introdução

Uma crescente escassez de água devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico está criando desafios principalmente para os países em desenvolvimento no sentido de encontrarem novas soluções para a gestão dos recursos hídricos. Nos últimos anos houve uma grande mudança na forma de se abordar a água, atualmente amplamente reconhecida tanto como um bem social e um problema técnico de suprimento quanto um recurso econômico. Um recurso econômico é, por definição, um recurso escasso e, quando um recurso é escasso, ele não será suficiente para satisfazer uma demanda ilimitada. Portanto, devem-se tomar certas decisões quanto a sua alocação, baseando-se, entre outras coisas, em princípios econômicos, administrativos ou políticos (KEMPER, 1997).

Ainda segundo Kemper (1997), um recurso é alocado eficientemente quando for usado para maximizar o seu valor. No caso da água, há um grande número de usos diferentes e parcialmente concorrentes, por exemplo, na indústria, na agricultura e no turismo. Alcançar uma alocação mais eficiente dos recursos hídricos pode significar a mudança do uso da água dentro ou entre setores, como por exemplo, entre culturas de alto e de baixo valor na agricultura ou do uso na agricultura para o uso industrial.

Tate (1990) afirma que o conceito de “uso eficiente da água” inclui qualquer medida que reduza a quantidade de água que se utiliza por unidade de qualquer atividade e favoreça a manutenção e melhoramento da qualidade da água. O uso eficiente da água é básico para o desenvolvimento sustentável, que implica no uso dos recursos naturais pela população atual mantendo a disponibilidade para as gerações futuras. Observa, ainda, que a importância do uso eficiente da água varia entre regiões e épocas.

Para Lopes (2002), a produção de alimentos e matéria prima com menor quantidade de água é um desafio cada vez maior uma vez que a disponibilidade desse recurso para a agricultura deverá, cada vez mais, ser balanceada com outros usos como produção de energia, consumo urbano e serviços ambientais diversos. Esses desafios requerem, portanto, aumentos substanciais na produtividade da água

utilizada na agricultura e a compreensão, cada vez maior, de que o uso competitivo da água é um conceito que veio para ficar.

Segundo estimativas de Postel (1992) e do Banco Mundial (1992) (apud KEMPER, 1997), utilizando-se técnicas mais sofisticadas na agricultura, quantidades significativas de água poderiam ser liberadas e alocadas para o uso industrial sem causar quaisquer impactos adversos e significativos na produção agrícola.

A otimização de recursos em agricultura irrigada pode ser traduzida na obtenção de métodos mais eficientes de preparo do solo à comercialização. Em se tratando de irrigação, a eficiência total de aplicação de água vai ditar os custos e receitas associados. A utilização inadequada do fator água vai implicar custos maiores no bombeamento e da água em si, problemas de meio ambiente relacionados principalmente à salinidade em solos de regiões semi-áridas, sub-utilização de equipamentos de alto custo e reduções na produtividade (TEIXEIRA, 1992).

2.2 Requerimento de água das culturas e necessidade de irrigação

Evapotranspiração (ET) consiste na combinação de dois processos distintos pelo qual a água é perdida, sendo da superfície do solo por evaporação e, por outro lado, da cultura através da transpiração (ALLEN et al., 1998). Para Jensen, Burman e Allen (1990), *evapotranspiração* é o processo pelo qual a água é transferida da superfície da terra para a atmosfera combinando a evaporação da água da superfície do solo e aquela interceptada pelas plantas com a transpiração das plantas. *Evapotranspiração Potencial* (ET_p) é a taxa a qual a água, se disponível, seria removida da terra e superfícies das plantas.

Requerimento de água das culturas é definido por Doorenbos e Pruitt (1992) como a lâmina de água necessária para compensar as perdas por evapotranspiração de uma cultura agrícola (ET_c) cultivada livre de doenças, em extensas áreas, em solo sem restrições de umidade e nutrientes e atingindo seu potencial de produção no ambiente de desenvolvimento considerado.

Embora os valores da ET_c e do requerimento de água da cultura sejam idênticos, este último refere-se à quantidade de água a ser suprida, enquanto a ET_c refere-se à quantidade de água que é perdida através da evapotranspiração. O requerimento de água de irrigação ou necessidade de irrigação (lâmina bruta)

basicamente representa a diferença entre o requerimento de água da cultura e a precipitação efetiva, incluindo também a água adicional para lixiviar sais e compensar a desuniformidade da aplicação de água (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Segundo Marouelli e Sedyama (1993), a necessidade de água para irrigação é a quantidade requerida para se manter a umidade do solo e a concentração salina a um nível ideal, durante o desenvolvimento da cultura, em adição à precipitação.

O conceito de *Evapotranspiração de Referência*¹ (ETo) foi introduzido para estudar a demanda evaporativa da atmosfera independentemente do tipo de cultura, estágio de desenvolvimento e práticas de manejo. Quando a água é fartamente disponível para a cultura de referência o solo não afetará a ETo. Assim, valores de ETo medidos ou calculados em diferentes localidades e épocas são comparáveis quando se referem à evapotranspiração da mesma superfície de referência. Os únicos fatores que afetam a ETo são os parâmetros climáticos. Conseqüentemente a ETo é um parâmetro climático que pode ser calculado a partir de dados de clima, expressando a demanda evaporativa da atmosfera de um local específico, numa época do ano, sem considerar as características de cultura e fatores do solo (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Segundo Albuquerque et al. (2002), o método Penman-Monteith/FAO é recomendado como padrão para determinar a ETo porque é o que mais se aproxima da ETo da grama no local avaliado, tem embasamento físico e incorpora explicitamente tanto os parâmetros fisiológicos quanto os aerodinâmicos.

O termo *precipitação efetiva* (Pef) tem diferentes interpretações nas diferentes especialidades, sendo na agricultura definida como a parte da precipitação que fica armazenada no solo até a profundidade efetiva das raízes das plantas e, assim, disponível para os cultivos. É a diferença entre a precipitação total e as diferentes perdas como escoamento superficial, percolação além da zona radicular do solo e evaporação da água interceptada pela vegetação. Há que se considerar que as necessidades hídricas das culturas variam em decorrência de diferentes demandas espaciais e temporais (POZZEBON et al., 2003). Segundo Jensen, Burman e Allen (1990), a lâmina de Pef armazenada no solo durante um período depende da freqüência de ocorrência e características (total precipitado,

¹ Estes autores afirmam que o uso de outras denominações como *evapotranspiração potencial* é desaconselhado, devido às ambiguidades na sua definição.

duração e intensidade) da precipitação, das condições da superfície do solo e da capacidade de armazenagem de água do solo disponível na ocasião da chuva. Rodrigues, Pruski e Silva (2003) afirmam que nos últimos anos várias metodologias foram desenvolvidas com a finalidade de estimar a P_{ef} em áreas agrícolas, dentre estas destaca-se a desenvolvida pelo *Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos* (USDA-SCS) por ser a mais utilizada.

2.3 Coeficiente de Cultivo (K_c)

A ET_c pode ser calculada a partir de dados climáticos e integrar diretamente os fatores referentes à resistência da cultura, ao albedo e à resistência do ar no método Penman-Monteith, usado para estimar a evapotranspiração da cultura de referência, ou seja, a ET_o . As relações determinadas experimentalmente de ET_c/ET_o são chamadas *Coeficientes de Cultivo* (K_c) e são usadas para relacionar ET_c com ET_o , ou seja: $K_c = ET_c / ET_o$. Diferenças na anatomia foliar, características dos estômatos, propriedades aerodinâmicas e mesmo o albedo determinam as diferenças da ET_c em relação à ET_o sob as mesmas condições climáticas (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Devido às variações nas características ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, o K_c das culturas variam desde a semeadura até a colheita. Doorenbos e Pruitt (1992) propuseram uma metodologia para estimativa do K_c ao longo do ciclo da cultura, dividindo-o em quatro estádios:

- a) inicial – da semeadura à emergência completa das folhas definitivas, perfazendo mais ou menos 10% da superfície do solo;
- b) crescimento – do final do estágio inicial até a cobertura de 80% da área e/ou início da floração;
- c) intermediário – do final do estágio de crescimento até o início da maturação;
- d) final – do final do estágio intermediário até a colheita.

Segundo esta metodologia, somente três valores de K_c são necessários para descrever e construir uma curva de variação do K_c da cultura: os dos estádios inicial ($K_{c_{ini}}$) e intermediário ($K_{c_{med}}$), que têm valores constantes ao longo dos respectivos estádios, e um terceiro valor para o período de colheita ($K_{c_{fim}}$). O K_c no

estádio de crescimento tem um valor crescente entre o $K_{C_{ini}}$ e $K_{C_{med}}$ e, no estágio final, decrescente entre o $K_{C_{med}}$ e $K_{C_{fim}}$ (ALBUQUERQUE et al., 2002).

2.4 Espacialização de parâmetros climáticos

A quantificação da chuva é obtida com a coleta da quantidade de água precipitada em postos pluviométricos, de forma pontual, assim como a evapotranspiração que é estimada a partir de parâmetros físicos e climáticos medidos em estações meteorológicas.

Ainda que o município disponha em sua área de estação meteorológica ou posto pluviométrico, quase sempre os dados coletados não são representativos de toda sua superfície geopolítica e, menos ainda, de municípios circunvizinhos.

Para a quantificação mais precisa do balanço hídrico em uma determinada área, é necessário que os dados pontuais de P_{ef} e E_{To} disponíveis sejam espacializados de modo a se estimar valores mais apropriados para esta área específica. Freitas e Lopes (2003) afirmam que para a quantificação mais precisa do balanço hídrico em uma determinada área, é necessário que os dados pontuais sejam espacializados de modo a se estimar valores médios para toda área em análise.

Ian e Wein (1998 apud AMORIM; GRIEBELER; GONÇALVES, 2003), afirmam que o uso de dados de estações climatológicas próximas pode ser realizado adotando dois procedimentos distintos: ou supõe-se que os dados climáticos de uma dada estação sejam representativos de uma região circunvizinha a qual engloba um determinado local específico; ou, então, faz-se a interpolação espacial das variáveis climáticas para gerar dados para um local específico ou para uma série de locais.

Valores médios de variáveis climatológicas podem ser obtidos por diversos métodos que se baseiam em relações entre as áreas de influência e distância entre postos de coleta de dados. Pellegrino (1995) e Wei e Mcguinness (1973), citados por Pellegrino et al. (1998), obtiveram melhores resultados com o método do inverso do quadrado da distância para variáveis meteorológicas quando comparado a outros métodos clássicos como o de Thiessen e o da média aritmética, tomando-se como padrão, o método das isoietas. Amorim, Griebeler e Gonçalves (2003), comparando diferentes métodos de interpolação para dados climáticos, obtiveram melhor desempenho do método *Inverso da Potência da Distância* (IPD)

para dados de temperatura mínima, evaporação e insolação. Estes mesmos autores afirmam que o IPD é um dos métodos mais comumente aplicados para estimativa de dados climáticos e é a técnica de interpolação mais simples.

Ainda segundo Pellegrino et al. (1998), uma das aplicações principais de um *Sistema de Informação Geográfica* (SIG) em agrometeorologia é a de transformar dados numéricos, obtidos em pontos referenciados geograficamente na superfície, em mapas interpolados a partir das informações originais, obtendo-se valores estimados para todas as localidades da região representada, não se restringindo apenas aos dados observados inicialmente. Com isso, gera-se uma série de informações confiáveis à respeito do comportamento espacial da variável, sem a necessidade de observação direta.

Perdigão e Moita (2003) afirmam que a utilização de técnicas de espacialização em meteorologia e climatologia encontra-se bastante divulgada, possibilitando a utilização de tais métodos em combinação com técnicas de SIG. Como exemplos, Chung, Choi e Bae (1997) aplicaram SIG para o cálculo da distribuição espacial da ETo em uma bacia hidrográfica na Coreia através da interpolação espacial dos dados de 28 estações climáticas. Naoum e Tsanis (2003) utilizaram SIG para estimativa da pluviometria de bacias hidrográficas na ilha de Creta na Grécia a partir de uma rede de pluviômetros, utilizando diferentes métodos de interpolação. Li, Tarboton e Mckee (2003) desenvolveram um aplicativo (ArcET) no ambiente ESRI, ArcGis e ArcObjects para interpolação de dados climáticos e cálculo da evapotranspiração de referência (ETo), podendo ainda ser combinado com os coeficientes culturais da cobertura vegetal do terreno, constituindo-se numa eficaz ferramenta para estimativa da distribuição espacial e temporal da evapotranspiração.

Vale ressaltar que o Manual de Outorgas de Direito de Uso de Recursos Hídricos do Estado do Paraná² admite a utilização de dados de chuva e evapotranspiração de estações e postos mais próximos da área em análise, ou seja, do município (GALLEGO et al., 2003).

Cabral (2000) propôs o agrupamento de municípios vizinhos do Estado do Ceará com aqueles que dispunham de dados climáticos completos para cálculo de ETo por Penman-Monteith/FAO. “O critério utilizado para o agrupamento destes

municípios em regiões climaticamente semelhantes foi a verificação do mesmo padrão de distribuição da ETo de Hargreaves ao longo do ano.”

2.5 Eficiência de irrigação

Do volume total de água aplicado na irrigação, parte fica retido no solo na zona das raízes, estando disponível para as plantas e, outra parte, é constituída de perdas potenciais, seja por evaporação, deriva pelo vento, percolação profunda, escoamento superficial e interceptação pelas plantas (TEIXEIRA, 1992).

Eficiência de Irrigação (Ei) é um conceito largamente usado no dimensionamento e manejo, podendo ser dividida em duas componentes: *Uniformidade de Distribuição* e *Perdas*. Se a uniformidade é baixa ou as perdas elevadas, a eficiência é pequena (KELLER; BLIESNER, 1990). Teixeira (1992) afirma que a eficiência de irrigação diz quanto do volume total aplicado ficou disponível para a planta utilizar em seu metabolismo sem quebra na produtividade, estando, portanto, diretamente relacionada com os custos de água e produtividade da cultura.

Segundo Frizzone (1992), é comum expressar a uniformidade de distribuição de água em uma área por um *Coefficiente de Uniformidade*, que expressa a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo. Desde Christiansen (1942 apud FRIZZONE 1992, p. 1), quando introduziu o seu *Coefficiente de Uniformidade de Christiansen* (CUC), muitos outros coeficientes foram apresentados como alternativas para caracterizar a uniformidade e eficiência de irrigação. Teixeira (1992) afirma que os métodos de estimativa de uniformidade sugeridos por Christiansen (1942), Wilcox e Swailles (1947) e Benami (1978) consideram apenas o grau de dispersão com que a água é aplicada pelo sistema em relação a um valor médio, não estando incluída qualquer conotação física.

Não existe um parâmetro único que seja suficiente para avaliar a performance de um sistema de irrigação. Desse modo, além do aspecto eficiência, qualquer sistema de irrigação deve objetivar a aplicação de quantidades de água pré-estabelecidas, de maneira mais uniforme possível sobre a área irrigada. Assim, esses dois parâmetros – uniformidade e eficiência – expressam a qualidade de uma irrigação (SOUZA 1994 apud CASTRO, 1997, p. 22).

² Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA).

As medidas de eficiência quantificam fisicamente a qualidade da irrigação por incorporarem algumas conseqüências da uniformidade. Se por um lado as medidas de uniformidade dependem somente do grau de dispersão com que a água é aplicada, as medidas de eficiência dependem tanto da uniformidade como da forma com que o sistema de irrigação é operado (FRIZZONE, 1992, p. 42).

A *Eficiência de Aplicação* (E_a) é definida pela relação entre a quantidade de água incorporada ao solo até a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e a quantidade de água aplicada, dando idéia das perdas por percolação, *Escoamento Superficial* e evaporação (FRIZZONE, 1992). É um indicador do excesso de água aplicado ao campo durante a irrigação, não refletindo a capacidade da irrigação em repor a lâmina requerida na zona das raízes (WALKER, 1979 apud TEIXEIRA, 1992).

Segundo Bernardo (1987), na irrigação por inundação, sobretudo na intermitente, a uniformidade de aplicação e perdas estão associadas basicamente à sistematização do terreno e à permeabilidade do solo, determinantes das perdas por percolação profunda. Colares (2004), avaliando culturas de arroz irrigado por inundação contínua no Perímetro Morada Nova, Estado do Ceará, obteve, nas diversas irrigações aplicadas ao longo do ciclo da cultura, E_a variando de 60,1% a 100%, em solos de textura argilo siltosa e de 21,9% a 59,4% em solos de textura areia franca. As E_a para os ciclos completos das culturas, incluindo a primeira irrigação, foram de 68,9% e 32,4%, respectivamente para as texturas argilo siltosa e areia franca.

Para Olitta (1983), há três modos distintos de perda de água na irrigação por sulcos de infiltração: evaporação, durante a irrigação; por percolação profunda; e, por escoamento no final do sulco, necessário para a aplicação mínima de água ao final do sulco, sendo o primeiro insignificante em relação aos outros dois. Bernardo (1987) afirma que, na irrigação por sulco, o excesso de água resulta em perdas por percolação e/ou escoamento no final do sulco e, ainda, que o uso de vazões muito pequenas aumenta o tempo para a água chegar ao final do sulco, podendo acarretar excesso de infiltração no início e deficiência no seu final, causando baixa uniformidade de distribuição.

Castro (1997), analisando irrigação por sulcos no Perímetro Irrigado Morada Nova, Ceará, obteve CUC de 87,57% na primeira irrigação e 92,39% na última. A E_a obtida foi de 40,76% na primeira e 74,46% na quarta irrigação.

A distribuição de água e a eficiência de irrigação por aspersão são afetadas pela variação de vazão dos aspersores, pela variação do perfil de distribuição de água dos aspersores, principalmente devido à ação do vento, e pela perda de água devido à evaporação direta durante a aspersão e na superfície do solo (FRIZZONE, 1992).

McCulloch e outros (1967 apud GOMES, 1999) indicaram E_a da irrigação por aspersão convencional, em função da lâmina de irrigação líquida, da E_{To} e da velocidade média do vento, com valores variando entre 58% e 80%. Os maiores valores de E_a estão associados às maiores lâminas de irrigação líquida e às menores E_{To} e velocidades do vento. De acordo com a experiência colhida pelo *Bureau of Reclamation* dos Estados Unidos, para o sistema pivô central, a E_a pode ser estimada utilizando os valores indicados por McCulloch e outros (1967) acrescidos de 5% (GOMES, 1999).

Segundo Keller e Bliesner (1990), as perdas causadas pela deriva ao vento assumem valores típicos, variáveis entre 5 e 10%. Frizzone (1992) afirma que essas perdas podem ser intensificadas com o aumento da velocidade média do vento, temperatura e grau de pulverização do jato de água causado pelo acréscimo da pressão de operação. A COELCE (2001), avaliando pivôs do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodj, no Ceará, observou perdas por evaporação e arraste pelo vento igual a 20,5%.

Ramos et al. (2003), avaliando projetos de irrigação na bacia do rio São Francisco detectaram perdas por evaporação e arraste pelo vento médias de 12,6%, na aspersão convencional e 8%, em pivô central. Estas mesmas avaliações determinaram que nas irrigações por aspersão em 79% dos casos os CUC obtidos foram superiores ao valor considerado inadequado (75%) e 32% ficaram acima do valor considerado excelente (85%).

Allen (1991 apud EVANS et al., 1998) considera razoáveis os seguintes valores médios de E_a para sistemas de irrigação por aspersão, considerando as 25% menores lâminas: convencional, 70%; pivô central, 75%; linear móvel, 75%; e, canhão hidráulico, 60%. Soares e Nascimento (1998), avaliando sistemas de irrigação por aspersão no Perímetro Irrigado Barreiras, em Petrolândia-PE, obtiveram resultados médios de CUC de 80,86% e de E_a de 65,82%.

Segundo Gomes (1999), em geral a E_a da irrigação por aspersão varia durante o dia entre 60%, em zonas áridas, e 75%, em zonas de clima moderado,

podendo chegar a alcançar valores próximos a 90% durante a noite. Ramos et al. (2003) encontraram valores de Ea em aspersão variando de 41,1% a 86,2%, com média de 71,5%.

Mundim (1996), estudando a cultura do milho, verificou que a parte aérea da cultura provocou expressivas reduções na uniformidade com que a água atinge o solo em relação àquela com que é distribuída pelo sistema (CUC). Por outro lado, constatou a existência de uma redistribuição da água no solo. Vanzela, Zocoler e Hernandez (2002) compararam os valores de CUC obtidos acima da superfície do solo, através da coleta de lâminas de irrigação em pluviômetros, com os valores medidos abaixo da superfície do solo, através do uso da sonda de nêutrons, de um sistema de aspersão convencional em cinco espaçamentos diferentes, com resultados variando de 47,7 a 92,7% e 58,9 a 87,8%, respectivamente acima e abaixo da superfície do solo.

Vermeiren e Jobling (1980) e Bernardo (1987) afirmam que a *irrigação localizada*³ tem vantagem significativa sobre outras técnicas, reduzindo o suprimento das perdas de água já que as fugas da mesma no sistema são desprezíveis. A evaporação é pequena já que a água não é projetada no ar, como na aspersão, e não molha toda a superfície como no caso de numerosos sistemas de irrigação. Só uma parte pequena da superfície do solo fica umedecida quando se utiliza irrigação localizada. Os resultados obtidos Ramos et al. (2003) corroboram esta afirmação ao constatarem que a Ea da irrigação localizada foi superior à irrigação por aspersão em decorrência do fato de as perdas por evaporação e arraste serem consideravelmente altas na irrigação por aspersão e praticamente inexistentes na irrigação localizada.

Bernardo (1987), também afirma que em irrigação localizada não há perdas por percolação e por "runoff". Para Vermeiren e Jobling (1980), entretanto, semelhante à qualquer sistema de irrigação, as perdas por percolação profunda

³ Vermeiren e Jobling (1980) definem *irrigação localizada* como as técnicas que distribuem a água somente ao pé das plantas, especificamente na zona radicular, apresentando como principais características a aplicação de pequenas vazões e pequenas lâminas de irrigação por meio de emissores, tais como, gotejadores, pequenos orifícios, tubos porosos, etc, colocados acima ou abaixo da superfície do solo. Nesta definição, o termo *irrigação localizada* está associado à irrigação por gotejamento, sem abranger a irrigação por microaspersão. Segundo Bernardo (1987), havia, então, uma tendência, de classificar todas as irrigações em que a água é aplicada diretamente sobre a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência, como *irrigação localizada*. Com o advento e disseminação da irrigação por microaspersão, esta também passou a

podem ser problemáticas. Estes autores afirmam que, potencialmente, a irrigação localizada pode ter uma eficiência mais elevada que qualquer outro método, porém para que este potencial se concretize deve-se projetar e calcular corretamente o sistema e, também, administrar as irrigações de modo que satisfaçam as necessidades hídricas das culturas de forma muito precisa, através de irrigações frequentes.

A uniformidade de aplicação da água às plantas na irrigação localizada depende totalmente da uniformidade de distribuição, ou melhor, da variação relativa das vazões distribuídas (VERMEIREN; JOBLING, 1980).

Bastos et al. (2002) determinaram o *Coefficiente de Uniformidade de Distribuição* (CUD) e *Ea* de água de um sistema de microaspersão para irrigação de banana no Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, no Ceará, obtendo resultados médios de 96% para CUD e 91% para *Ea*.

Ramos et al. (2003) encontraram valores de *Ea* em sistemas de irrigação localizada variando de 3,8% a 97,7%, com média de 79,1%, indicando que, de cada 100 litros utilizados para irrigação, 79,1 litros são efetivamente utilizados pela cultura sendo o restante perdido por vazamentos, evaporação e percolação. Estas mesmas avaliações efetuadas na bacia do rio São Francisco detectaram, em 88% dos casos, CUD acima de 60%, limite considerado como adequado pelos autores, sendo que em 30% dos sistemas avaliados foram obtidos valores de CUD acima de 90%, valor considerado como excelente pelos mesmos autores.

Ramos et al. (2003) alertam para a necessidade do índice de *Adequacidade de Irrigação*, uma vez que se pode ter uma *Ea* elevada em condições de irrigação deficitária, mascarando as análises.

Em áreas irrigadas com déficit, o efeito da desuniformidade da distribuição de água na percolação profunda é reduzido ou nulo. Grande parte ou a totalidade da água infiltrada no solo fica armazenada na zona radicular para uso das plantas. As eventuais perdas de água são, em maior parte ou totalmente, decorrentes do escoamento, da deriva pelo vento e da evaporação. Nestas áreas, a quantidade de água aplicada não é suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo em toda profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, traduzido em uma baixa *Eficiência de Armazenamento*. Por outro lado, com a minimização das

ser classificada como irrigação localizada, à exemplo dos autores Favetta e Botrel (2001) e Ramos et al. (2003), entre outros.

perdas obtém-se uma maior eficiência no uso da água derivada, ou seja, uma maior E_a .

Em seu estudo, Ramos et al. (2003) observaram que em 68% e 61% dos casos avaliados em irrigação por aspersão e localizada, respectivamente, as lâminas aplicadas foram inferiores às requeridas, indicando a condição de irrigações deficitárias. Considerando os resultados dos coeficientes de uniformidade relativamente elevados, pode-se inferir que, na maioria destes casos, as perdas de água na irrigação por aspersão e microaspersão deveram-se apenas à evaporação e arraste. Contudo, em 27% dos casos de aspersão e 39% de irrigação localizada analisados por estes autores, as lâminas aplicadas foram superiores às necessárias, apresentando lâminas excedentes médias em cada irrigação de 8,0 mm na aspersão, 4,3 mm na microaspersão e 8,2 mm no gotejamento. Com a conjunção dos casos de irrigação deficitária e excedente, foram obtidos os valores médios de E_a já citados, de 71,5% para aspersão e 79,1% para irrigação localizada.

Mantovani e Ramos (1994 apud PESSOA, 2004), citam as seguintes eficiências de irrigação médias: por superfície, 60-70%; por aspersão, 70-90%; e localizada, 80-95%. Marouelli e Silva (1998 apud LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 2004) apresentam as seguintes eficiências de irrigação: por superfície, 40 a 75%; por aspersão, 60 a 85%; e localizada, 80 a 95%. Já Christofidis (1999 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005) apresenta os seguintes percentuais de eficiência: por superfície, 40 a 65%; por aspersão, 70 a 85%; e, localizada, 90 a 95%.

Além das eficiências de distribuição e aplicação de água, há que se considerar ainda a *Eficiência de Condução* (E_c) que indica as perdas de água que ocorrem entre a captação e a entrada na parcela de irrigação. Estas perdas podem ocorrer de diferentes fontes: vazamentos nos condutos; evaporação direta, se a água é transportada através de canais abertos; e percolação, se os canais não forem revestidos. A E_c assume maior importância onde a distância da captação até a parcela de irrigação é grande, como no caso dos Perímetros de Irrigação Jaguaribe-Apodi e Jaguaruana, e na irrigação por superfície, onde geralmente a condução da água se dá em canais sem revestimento.

2.6 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação permite identificar, com base em critérios técnicos, o momento de início das irrigações, bem como definir a quantidade de água adequada para atender às necessidades hídricas da cultura (DOORENBOS; KASSAN, 1979), minimizando o consumo de energia, maximizando a eficiência de uso de água e mantendo favoráveis as condições de umidade do solo. Irrigações ineficientes e inadequadas resultam em desperdício de água e energia, recursos finitos que estão a cada dia mais escassos (RAMOS et al., 2003).

Para Souza (1992 apud GUIMARÃES, 1993), uma das principais razões para baixas eficiências dos sistemas de irrigação é a falta de atenção dada ao manejo após a fase de implantação dos projetos.

Lima, Ferreira e Christofidis (2004) afirmam que, por não adotar um método de controle de irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico.

Medeiros et al. (2003), avaliando o manejo de irrigação no Perímetro Irrigado Pirapora, MG, comparando os volumes de água aplicados, medidos nos hidrômetros dos lotes, com a demanda estimada com base no balanço de água no solo, observaram a ocorrência de aplicação excessiva de água em todos os lotes, com exceção dos meses de janeiro a abril, em que houve déficits.

Ramos et al. (2003) inferiram que, nos sistemas de irrigação por aspersão, em geral (77,3% dos casos) a média das 25% menores lâminas aplicadas foi inferior à lâmina requerida, o que é indicativo de irrigações deficitárias. Em sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento, estes mesmos autores observaram que em 60,6% dos casos, a lâmina aplicada foi menor que a necessária caracterizando irrigações deficitárias, com déficit médio de 24,6 mm. Em 39,4% dos casos analisados houve aplicação de água em excesso caracterizando perdas por percolação, em média, de 5,5 mm.

2.7 Disponibilidade de recursos hídricos do rio Jaguaribe

Em função do clima e da base geológica predominantemente cristalina, o regime do rio Jaguaribe era, originariamente, intermitente, fluindo apenas no período das chuvas. Praticamente 90% da chuva precipitada em sua bacia hidrográfica se evapora, cerca de 10% alimenta os riachos e rios e apenas uma proporção mínima

penetra no solo. Até 1980, o rio Jaguaribe era considerado “o maior rio seco do Mundo”. Com a construção do açude Orós, em 1960, e com a instalação de equipamentos hidráulicos, em 1980, foi possível “perenizar” o rio tornando-o permanente ao longo de mais de 300 km.

O aproveitamento dos mananciais hídricos do vale do Jaguaribe tem sido alvo de contínuos estudos visando identificar seu potencial para fins de aproveitamento hidroagrícola de forma mais racional. O *Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe*, desenvolvido no período de 1962/1965 pela SUDENE⁴ e ASMIC⁵, conhecido como *Estudos do Grupo do Vale do Jaguaribe (GVJ)*, concluiu que seria possível irrigar cerca de 60.000 ha com garantia de 100%, contando-se apenas com as reservas hídricas existentes à época (FONTENELE; ARAÚJO, 2001).

Com o açude Castanhão, concluído em 2003, a vazão regularizada do rio Jaguaribe, à sua jusante, passou de 22 para 57 m³.s⁻¹, com 90% de garantia, possibilitando, com este acréscimo de vazão, expandir a área irrigada em 43 mil hectares (CEARÁ, 2003b).

2.8 Eficiência de uso de recursos hídricos

Kettelhut et al. (1999) salientam que não somente critérios de eficiência econômica que devem determinar regras de distribuição de água. A gestão de recursos hídricos, a partir de regras de distribuição da água entre diferentes usos e diferentes usuários de um mesmo uso, pode ter objetivos diversos, algumas vezes contraditórios entre si. Afirmam que a instituição de regras de distribuição da água pode ter os seguintes objetivos, além da eficiência econômica: conservação ambiental, geração de benefícios, redistribuição de renda e financiamento da gestão do recurso natural.

A política ambiental de um país, incluindo a sua política de recursos hídricos, pode estar alicerçada em diversos tipos de instrumentos que são concebidos para induzir o alcance de certas metas. Dois grupos de instrumentos podem ser identificados: *i)* os *regulatórios*, também chamados de regulação, normativos, de regulamentação e de políticas de “comando e controle”; e, *ii)* os

⁴ Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

⁵ Cooperação Técnica do Governo Francês constituída por técnicos da Société Centrale pour le Développement du Territoire-Coopération (SCET-Coop) e do Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement em Coopération (ORSTOM).

econômicos. Os limitados resultados no controle ambiental através da abordagem normativa reforçaram os argumentos em favor do uso dos instrumentos econômicos nas políticas ambientais, apesar das dificuldades existentes no âmbito técnico e político para a sua adoção. Na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), enfatizou-se que o uso dos instrumentos econômicos é condição importante para o desenvolvimento sustentável (RIBEIRO; LANNA, 2001).

As leis brasileiras que dispõem sobre o meio ambiente e sobre os recursos hídricos propõem o uso de instrumentos *regulatórios* e *econômicos* para a gestão ambiental. Os instrumentos previstos no Artigo 5º da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a *Política Nacional de Recursos Hídricos* são: *i)* os Planos de Recursos Hídricos; *ii)* o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; *iii)* a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; *iv)* a cobrança pelo uso de recursos hídricos; *v)* a compensação a municípios; e *vi)* o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Neste estudo serão abordadas a outorga dos direitos e a cobrança pelo uso de recursos hídricos, classificados como instrumento normativo e econômico, respectivamente.

2.9 Outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos

No Brasil, a outorga é um instrumento jurídico pelo qual o poder público, entendido como órgão que possui a devida competência legal, confere ao administrado a possibilidade de usar privativamente um recurso que é público. A administração pública deve, então, controlar o uso das águas em benefício do interesse público, assegurando o controle quantitativo e qualitativo dos direitos de acesso à água. O Artigo 18 da Lei nº 9.433/97 estabelece que a outorga não transfere o direito de propriedade da água da União/Estado para o interessado mas apenas o direito de seu uso. Isto porque, as águas são públicas e alienáveis no Brasil (RIBEIRO; LANNA, 2001).

Conforme Pozzebon et al. (2003), um ponto marcante a ser considerado na outorga é que, além da variação das necessidades hídricas em decorrência de diferentes demandas espaciais e temporais (entre locais e épocas), a agricultura irrigada apresenta, ainda, a peculiaridade de variar tanto em número de horas e dias

de captação de água quanto no número de meses de operação. Assim, apesar do irrigante possuir uma capacidade de bombeamento instalada, ele, efetivamente, faz uso desta em períodos fracionados e não continuamente. Sob esta ótica, os autores depreendem que ao se considerar apenas a vazão de captação máxima instantânea como parâmetro de comparação no balanço entre oferta e demanda nas análises dos pedidos de outorga, certamente está-se conduzindo a superestimativas dos impactos causados por essas captações. Afirmam, os autores, que a análise das outorgas baseadas em volumes mensais ou diários de irrigação ou na vazão média contínua do período de operação deve ser mais realista do que quando feita pela vazão de captação máxima instantânea.

No Estado do Ceará, o Decreto nº 23.067 de 11 de fevereiro de 1994 regulamenta o artigo 4º da Lei Estadual nº 11.996 de 24 de julho de 1992 na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos dominiais do Estado, dispondo em seu artigo 8º quanto à inexigibilidade da outorga para captações diretas na fonte, superficial ou subterrânea, cujo consumo não exceda a 2.000 litros por hora ($0,56 \text{ L.s}^{-1}$).

Segundo Ribeiro e Lanna (2001), em termos jurídicos, um bem é público quando pertence a toda coletividade que pode ou não autorizar a sua apropriação por agentes privados. No Brasil, a Constituição Federal de 1988 tornou públicas todas as águas quando as repartiu entre a União e os Estados (Artigos 20 e 26). A Lei nº 9.433/97 se utiliza do termo genérico “cobrança pelo uso dos recursos hídricos”. Essa cobrança (ou “contraprestação pela utilização das águas públicas”) conforme Pompeu (1997 apud RIBEIRO; LANNA, 2001): não configura imposto (já que este “destina-se a cobrir despesas feitas no interesse comum, sem ter em conta as vantagens particulares obtidas pelos contribuintes”); não é taxa (já que “não se está diante do exercício de poder de polícia – taxa de polícia – ou da utilização efetiva ou potencial de serviço público – taxa de serviço”); e, não é contribuição de melhoria (já que “inexiste obra pública cujo custo deve se atribuído à valorização de imóveis beneficiados”). E assim, segundo os autores, se está diante de “preço público”, definido como “parte das Receitas Originárias”, assim denominadas porque sua fonte é a exploração do patrimônio público ou a prestação de serviço público.

Sarmiento (2002) observa que nos países existem diferentes razões para a cobrança da água incluindo retorno do investimento, redistribuição de renda, melhoria da alocação das água e sua conservação.

No Brasil, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, segundo disposto na Lei 9.433/97 deve atender tanto ao objetivo econômico como ao financeiro. Este último está explicitamente considerado no artigo 19, inciso III da Lei que dispõe que é objetivo da cobrança obter recursos financeiros para os programas e intervenções dos planos de recursos hídricos. O objetivo financeiro também está presente no artigo 22 da mesma Lei que define que os valores cobrados deverão financiar não apenas os estudos, programas, projetos e obras dos planos de recursos hídricos, mas também a implantação e custeio administrativo do Sistema Nacional de Gerenciamento. O aspecto econômico é admitido no artigo 19 que informa que a cobrança intenciona reconhecer a água como bem econômico e incentivar a racionalização de seu uso (RIBEIRO; LANNA, 2001).

Ribeiro et al. (1999 apud SCHVARTZMAN; NASCIMENTO; SPERLING, 2002) observam que a cobrança tem sido vista como um mecanismo financeiro, procurando-se viabilizá-la politicamente fazendo com que o usuário de água não seja significativamente afetado em seus custos. Estes autores afirmam que, com o amadurecimento do sistema, espera-se que considerações econômicas sejam incluídas nas análises estabelecendo preços mais coerentes. Sarmiento (2002) afirma que a cobrança da água abaixo do seu valor econômico é prevalecente no mundo, mesmo em países desenvolvidos e que, em geral, o uso da água pela irrigação não é cobrado.

Santos e Kelman (2003) afirmam que a cobrança pelo recurso hídrico só terá a capacidade de modificar o comportamento do usuário se for dotada de eficiência econômica, para induzir a alocação racional do recurso e de eficiência política, para garantir a aceitação da cobrança pelos usuários e pela sociedade em geral. Contudo, na definição do preço da água, ao se buscar a eficiência econômica prejudica-se a política e vice-versa. Afirmam os autores que a implementação da cobrança deve ser progressiva, evitando-se súbitos e acentuados aumentos dos custos de produção de forma a amortecer o impacto econômico sobre os usuários.

Para Carramaschi, Cordeiro Neto e Nogueira (2000), a determinação de um preço justo e a efetiva cobrança pelo uso da água constitui-se em um instrumento importante para a gestão racional dos recursos hídricos. Esses preços podem não ser necessariamente cobrados mas devem, pelo menos, ser efetivamente considerados nos processos de tomada de decisões.

Carrera-Fernandez e Garrido (2000) afirmam que a cobrança pelo uso de água em sistemas de bacias hidrográficas é um dos principais instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Kemper (1997) observa que os usuários são estimulados a usar água de forma eficiente quando esta tem um preço. Se a água for gratuita, eles usarão mais do que necessitam, reduzindo a disponibilidade para todos e aumentando a escassez e a competição pelo recurso. Se o preço for correto, os usuários terão incentivos para usar menos água e para introduzir tecnologias que ajudem a economizá-la, liberando mais água para outros usuários.

Conforme observam Pinheiro e Lima (2002), nos projetos de irrigação, a falta de sinais de mercado, representados pelo preço eficiente da água e do controle da quantidade consumida, limita o seu uso racional. Enquanto os demais recursos possuem um preço que mais ou menos se aproxima dos seus verdadeiros custos de oportunidade, o mesmo não acontece com a água que é o fator primordial na irrigação.

Ribeiro e Lanna (2001) observam que um dos desafios na adoção da cobrança como instrumento de gestão é definir os valores a serem cobrados. As dificuldades envolvidas neste processo se relacionam com as diversas finalidades de uso da água e a variabilidade de sua qualidade no tempo e no espaço. Além disto, muitas vezes, as informações de oferta e demanda são incompletas e as interações com os ecossistemas e com as atividades econômicas não são totalmente conhecidas.

Para Kemper (1997), na ausência de um mecanismo de mercado, os métodos utilizados para estimar o valor da água nos seus usos distintos são bastante imperfeitos. Apesar disso, fornecem alguns indicadores para a cobrança por um recurso que se tornou tão escasso que já não é suficiente para todos os seus usos possíveis. A forma economicamente mais correta de se cobrar pela água é através do custo marginal da oferta, isto é, o custo de se ajustar a capacidade de oferta a longo prazo para satisfazer determinada mudança na demanda. Outra forma de se calcular o valor da água é através do custo de oportunidade, ou seja, o valor da água em usos distintos. Uma das metodologias para estimar o valor consiste em estimar quanto, em termos monetários e comparativos, uma unidade de água produz em uma certa atividade. Nos últimos anos, métodos de avaliação contingentes vêm sendo cada vez mais aplicados. Um deles é o método de predisposição ao

pagamento, onde os consumidores respondem perguntas hipotéticas sobre a sua predisposição em pagar por uma certa quantidade de água.

Fontenele e Araújo (2001) propuseram um método simplificado para a avaliação do custo da água, com intuito de fornecer uma ordem de grandeza para o cálculo da tarifa a ser cobrada aos usuários da água da bacia do Jaguaribe. O valor de cobrança pelo uso da água é baseado no princípio usuário-pagador, sendo composto pela adição da parcela correspondente à amortização dos investimentos públicos nas obras de infra-estrutura de uso comum e da parcela correspondente às despesas de administração, operação e manutenção (O&M) desta infra-estrutura. Para a sub-bacia do Baixo Jaguaribe, os valores obtidos para águas superficiais foram de R\$ 40,79 e R\$ 8,05 /1.000 m³, respectivamente para a amortização e O&M, totalizando R\$ 88,84 /1.000 m³.

Para que a cobrança pelo uso da água cumpra a tarefa de auxílio na política de gestão, incentivando o uso racional dos recursos hídricos, faz-se necessário avaliar a capacidade de pagamento de seus usuários, principalmente do setor de irrigação, em função de utilizar grandes volumes de água para produzir produtos com baixo valor agregado.

Para a FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (2003), a cobrança pelo uso da água é um instrumento que para ter sucesso precisa ser bem aceito principalmente por aqueles que pagarão pela água, sendo a aceitação tanto maior quanto maior for a capacidade de pagamento dos setores produtivos. Segundo Araújo (1998), o estabelecimento da cobrança pelo uso da água exige subsídios para cumprir a tarefa de auxílio na política de gestão, incentivando o uso racional dos recursos hídricos. Entre vários aspectos, faz-se necessário avaliar a capacidade de pagamento de seus usuários, principalmente dos setores industrial, de saneamento e de irrigação.

Fontenele e Araújo (2001) recomendam que seja determinada a capacidade de pagamento dos usuários ou, ainda, que se realizem pesquisas de “disposição a pagar” (*willingness to pay*) com o objetivo de verificar se os valores de cobrança propostos podem ser cumpridos pelos usuários. Schwartzman, Nascimento e Sperling (2002) afirmam que para o estabelecimento de valores justos, a cobrança deve ser antecipada de estudos sobre a elasticidade preço da demanda por água nas diversas atividades econômicas. Como a elasticidade-preço refere-se a cogitações sobre quanto o consumidor estaria disposto a modificar o seu consumo

de água caso houvesse uma alteração no preço, ela é um interessante conceito para subsidiar os valores a serem definidos para a cobrança pelo uso da água.

Araújo (1998) estudou a capacidade de pagamento de água bruta para o setor de irrigação no Ceará para avaliação do impacto da cobrança sobre o setor. A investigação incluiu a aplicação de 31 questionários nas 11 bacias hidrográficas do Estado, para ampla variedade de culturas, para vários métodos de irrigação e para ampla variação de áreas (de 0,14 ha a 650 ha). Foram adotados dois critérios para avaliar a capacidade de pagamento: o primeiro (CP1) estabeleceu o critério de 1% do faturamento bruto do empreendedor, como utilizado em CORHI (1997)⁶; o segundo estabeleceu a capacidade de pagamento (CP2) como 5% do faturamento líquido⁷. Assim, para cálculo da capacidade de pagamento, divide-se o montante disponível (1% do bruto ou 5% do líquido) pelo volume de água admitido como valor médio necessário à irrigação da cultura no Nordeste com base em estudo do BNB (1998)⁸. Segundo o autor, evitou-se dividir os custos pelo volume eficientemente utilizado pelos irrigantes devido a duas razões: (i) poucos produtores consultados dispunham da quantificação de água que efetivamente consomem; e (ii) a adoção do volume efetivamente utilizado infere tendência aos resultados já que irrigantes perdulários “diluem” seus benefícios em um grande volume de água, aparentando menor capacidade de pagamento que usuários eficientes que, por consumirem menor volume de água, aparentam maior capacidade de pagamento. Esta tendência deformaria os resultados, uma vez que se deseja exatamente que o uso da água seja, com a cobrança, crescentemente eficiente. A TABELA 1 apresenta os resultados obtidos em função da cultura para os dois critérios de avaliação.

TABELA 1 – Capacidade de pagamento em função da cultura (ARAÚJO, 1998).

⁶ CORHI Comitê Coordenador do plano Estadual de Recursos Hídricos (1997). Cobrança pelo uso de água – Relatório Técnico 001/97, SMA/CETESB/DAEE, São Paulo, 21 p.

⁷ No cálculo do faturamento líquido subtraem-se do faturamento bruto as despesas (incluindo remuneração de renda familiar) e poupança (meio salário mínimo por mês de safra). A remuneração da renda familiar e a poupança independem da área irrigada, sendo, portanto, despesas fixas por propriedade.

⁸ Banco do Nordeste do Brasil (BNB). Agenda do Produtor Rural do Nordeste 1998. Cap. Indicadores Técnicos. Fortaleza. CE.

Cultura	CP1 (R\$/1000 m ³)	CP2 (R\$/1000 m ³)
Cana-de-açúcar	0,67	1,34
Arroz	0,93	0,88
Milho	1,76	4,09
Feijão	2,01	1,55
Coco	3,40	2,25
Banana	3,79	7,48
Outras frutas	5,89	18,52
Hortaliças	12,47	24,71

Como resultado final da investigação, o autor depreende estimativas da capacidade de pagamento dos irrigantes no Estado em função da área irrigada com valores de R\$ 2,56 e R\$ 7,93 /1000 m³, respectivamente para os critérios CP1 e CP2, com a capacidade de pagamento aumentando continuamente com a área irrigada, para ambas metodologias. Estes resultados indicam que a cobrança de uma tarifa unitária fixa faz com que o impacto sobre o faturamento decaia à medida que se aumenta a área irrigada, de modo que a menor propriedade analisada (0,14 ha) é a mais penalizada com impacto superior a 6%, enquanto que a maior propriedade (650 ha) sofre impacto de apenas 2,3%.

Carramaschi, Cordeiro Neto e Nogueira (2000) simularam mudanças na demanda de água para irrigação decorrentes de mudanças no preço da água, utilizando dois métodos de valoração econômica de bens públicos/ambientais: o de valoração contingente (MVC) e o dose-resposta (MDR). Teoricamente, o MVC estima o montante máximo que um agente está disposto a pagar, enquanto que o MDR pode ser interpretado como o máximo que o agente é capaz de pagar.

Pinheiro e Lima (2002), em estudo realizado no Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, Município de Limoeiro do Norte-CE, constatou que a disposição a pagar por água aumenta proporcionalmente com a rentabilidade das culturas, concluindo que se a água for paga de acordo com o seu custo de oportunidade estão asseguradas as condições necessárias e suficientes para a maximização do benefício líquido do produtor e uso ótimo do recurso.

A FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (2003) observa que, ainda que um dos objetivos da cobrança seja desencorajar usos insustentáveis da água, é necessário mapear com precisão os impactos econômicos da cobrança de forma a que este instrumento não surta efeitos indesejáveis sobre a economia regional. A despeito de todos os seus méritos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos

representa um fator de custo que incidirá apenas sobre os produtos que utilizam a água daqueles corpos hídricos como insumo, constituindo-se em um novo custo de produção de caráter regional. Já os preços de venda dos produtos são condicionados, de uma forma geral, por fatores macroregionais e, assim, nem sempre o produtor poderá passar o custo da cobrança para os seus preços de venda. Diante disto, a FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS salienta a importância de avaliar o impacto desta cobrança sobre os custos e sobre a margem de lucro dos setores produtivos.

Tate (1990) afirma que os preços baixos da água são os piores inimigos da eficiência no seu uso e apregoa os seguintes princípios: (i) o nível de atenção que se presta ao uso eficiente da água é diretamente proporcional aos preços cobrados; (ii) a alta dos preços conduz a um incremento na atenção que se presta ao uso de água e, com o tempo, a um uso mais eficiente; e (iii) quando os preços da água incluem custos de desenvolvimento social são criados incentivos para usar o recurso de maneira eficiente e razoável, refletindo em produção ou em vários outros usos. Em outras palavras, a alta de preços gera incentivos poderosos para incrementar a eficiência do uso da água.

Segundo Santos e Kelman (2003), a implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos tem uma forte reação contrária dos usuários agrícolas em função de utilizarem grandes volumes de água para produzir produtos com baixo valor agregado. Os autores relatam que na Europa os usuários agrícolas, que são fortemente subsidiados, oferecem forte resistência à implantação da cobrança e, assim, não participam ou tem sido o último setor a ser incorporado. No Brasil, na bacia do rio Paraíba do Sul, os representantes deste setor exigiram que o valor cobrado não implicasse em aumentos superiores a 0,5% nos custos de produção, tendo sido estabelecido o valor final em cerca de um milésimo do estabelecido para a indústria e o saneamento.

A metodologia de cálculo para a cobrança pelo uso de água no rio Paraíba do Sul leva em conta tanto parâmetros técnicos (captação, consumo e carga orgânica) quanto econômicos (*Preço Público Unitário* - PPU), que corresponde a cobrança pela captação, pelo consumo e pela diluição de efluentes, para cada m³ de água captado, em R\$/m³. O cálculo da cobrança mensal do usuário é estabelecido por uma equação em que o produto do volume de água captado durante o mês pelo PPU é multiplicado ainda pelos seguintes fatores: K₀, que

expressa o multiplicador de preço unitário para captação (inferior a 1,0); K_1 , que expressa o coeficiente de consumo para a atividade, ou seja, a relação entre o volume consumido e o volume captado pelo usuário, ou ainda, no caso da irrigação, a eficiência de irrigação; K_2 que expressa o percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos; e K_3 , que expressa o nível de eficiência de redução de demanda bioquímica de oxigênio na estação de tratamento de efluentes. Os valores do PPU e K_0 são estabelecidos por deliberações do CEIVAP⁹, tendo sido definidos¹⁰ os valores de R\$ 0,0005 /m³ e 0,4, respectivamente, para o setor agropecuário. As deliberações estabelecem ainda que, para o setor agropecuário, os fatores K_2 e K_3 são nulos (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS, 2003).

Conforme a metodologia adotada pelo CEIVAP, o valor da tarifa pelo uso de água para irrigação varia em função da eficiência do método utilizado. Assim, considerando as eficiências de irrigação apresentadas por Christofidis (1999 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005), a tarifa varia de R\$ 0,40 /1.000 m³, para irrigação por superfície (com 40% de eficiência) até R\$ 0,875 /1.000 m³, para irrigação localizada (com 95% de eficiência).

Quanto ao impacto da cobrança pelo uso da água sobre os custos e rentabilidade, conforme a metodologia adotada pelo CEIVAP, dos 11 produtos agrícolas analisados pela FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (2003), sete apresentaram impacto inferior a 0,1% sobre o custo e para quatro deles o acréscimo do custo fica entre 0,1% a 0,2%. O tomate apresentou o menor impacto, com 0,006% e o arroz o maior, com 1,669%. Portanto, para nenhum dos produtos analisados a cobrança ultrapassa o limite de 0,5% de acréscimo dos custos de produção negociado com o setor agrícola. Conforme observa a FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (2003), existe uma margem potencial de elevação do valor da cobrança para o setor agrícola de até cinco vezes os valores atuais, sem que o impacto ultrapasse de forma generalizada o limite inicialmente negociado.

Conforme apresentado por AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2004), a arrecadação da cobrança pelo uso da água para irrigação na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, no período de janeiro a julho de 2004, representou apenas 0,043%

⁹ Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

¹⁰ Deliberação 15/2002 com período de vigência de três anos a partir da data de início da cobrança.

do total arrecadado, correspondendo ao valor de R\$ 1.379 sobre o total de R\$ 3.234.502.

Analisando o exposto, infere-se que a cobrança pelo uso de água para irrigação em vigor na bacia do Paraíba do Sul opõe-se à sua utilização como instrumento regulatório e econômico para a gestão dos recursos hídricos. O valor da tarifa inversamente proporcional à eficiência da irrigação não incentiva a adoção de tecnologias que proporcionem uma maior eficiência no uso da água, conforme preconizado por Tate (1990) e Kemper (1997). O reduzido impacto da cobrança sobre os custos de produção e rentabilidade não chega a despertar o interesse dos produtores na racionalização do uso da água. E, ainda, a arrecadação reduzida não atende ao objetivo de financiar estudos, programas, projetos, obras e a implantação e custeio do gerenciamento, previsto no Artigo 19 da Lei 9.433/97. Entretanto, conforme citações apresentadas, a cobrança pelo recurso hídrico só terá a capacidade de modificar o comportamento do usuário se for dotada de eficiência política para garantir sua aceitação, notadamente com relação aos usuários agrícolas que, normalmente, têm forte reação contrária em função de utilizarem grandes volumes de água para produzir produtos com baixo valor agregado.

Conforme observa a FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (2003), tendo em vista, principalmente, o caráter pioneiro da cobrança efetivada pelo CEIVAP, há que se considerar também o efeito da cobrança no custo de produção na bacia do Paraíba do Sul frente à competitividade com produtos de outras regiões sem a cobrança, evitando efeitos indesejáveis sobre a economia regional.

No Ceará, o estabelecimento do sistema tarifário tem sido feito através de Decretos do Governador do Estado, a saber:

O Decreto nº 24.264, de 12 de novembro de 1996 regulamenta o artigo 7º da Lei Estadual nº 11.996 de 24 de julho de 1992 na parte referente à cobrança pela utilização dos recursos hídricos, tendo como objetivo a regulamentação da cobrança para utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos dominiais do Estado. Compete ao Conselho dos Recursos Hídricos do Ceará (CONERH) propor ao Governador do Estado, critérios e normas sobre a cobrança pelo uso das águas, sendo a cobrança efetuada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado (COGERH), na qualidade de agente técnico do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado. O valor arrecadado pela cobrança é encaminhado ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos.

Os valores definidos originalmente pelo Decreto 24.264/1996 foram reajustados pelo Decreto nº 25.721/1999, conforme a seguir: R\$ 0,012 /m³, consumido pelas concessionárias delegadas de serviço público de abastecimento de água potável; e, R\$ 0,67 /m³, consumido para usos e usuários industriais.

O CONERH, posteriormente, com o objetivo de orientar uma política global de cobrança definiu outros critérios, passando a incluir usos como irrigação e aquicultura¹¹, prevendo o estabelecimento do valor pelo Comitê da Bacia ou pela COGERH, na ausência do Comitê. Prevê, ainda, que o valor para irrigação deverá ser, no mínimo, equivalente a 1/600 do valor do usuário industrial de água bruta, o que corresponderia a R\$ 1,12 /1000 m³ (RIBEIRO; LANNA, 2001).

O Decreto nº 27.271/2003 estabelece a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado e estipula a tarifa a ser cobrada em função dos usos, entre estes a irrigação, com valores variando em função das faixas de consumo, conforme a seguir: a) consumo de 1.441 até 5.999 m³.mês⁻¹, R\$ 2,50 /mil m³; b) consumo de 6.000 até 11.999 m³.mês⁻¹, R\$ 5,60 /mil m³; c) consumo de 12.000 até 18.999 m³.mês⁻¹, R\$ 6,50 /mil m³; d) consumo de 19.000 até 46.999 m³.mês⁻¹, R\$ 7,00 /mil m³; e, e) consumo a partir de 47.000 m³.mês⁻¹, R\$ 8,00 /mil m³.

¹¹ Arte de criar e multiplicar animais e plantas aquáticas (FERREIRA, 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme já citado, a região estudada corresponde à área de influência do rio Jaguaribe no trecho entre o açude Castanhão e a sua foz, no município de Aracati, perfazendo cerca de 200 km, denominada neste estudo de Baixo Jaguaribe. Neste trecho, o rio Jaguaribe atravessa áreas de dez municípios do Estado do Ceará: Alto Santo, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixeré, Russas, Jaguaruana, Itaiçaba e Aracati.

Os estudos realizados buscaram quantificar as demandas de água para irrigação das culturas agrícolas da região e analisar as suas capacidades de pagamento frente à cobrança pelo uso dos recursos hídricos com base nos custos de produção e preços médios de comercialização.

3.1 Áreas irrigadas na Região do Baixo Jaguaribe

A partir do *Cadastro de Outorga d'Água da Região do Baixo Jaguaribe*, da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) (CEARÁ, 2002), da planilha *Consumo de Água Bruta dos Usuários no Canal do Trabalhador – 2004*, também da COGERH (CEARÁ, 2004a), e do *Levantamento das áreas plantadas no Projeto Irrigado Jaguaribe-Apodi* (FAPIJA, 2004), foram obtidas as informações das áreas irrigadas utilizadas neste estudo.

Apenas o *Cadastro de Outorga d'Água da Região do Baixo Jaguaribe* dispõe de informações mais completas, relativas aos proprietários, localização das áreas (município, localidade e coordenadas geográficas), culturas irrigadas, épocas de plantio, período de irrigação e vazões captadas. Este Cadastro não inclui os usuários de água a partir do Canal do Trabalhador, cuja captação se dá, também, no trecho do Baixo Jaguaribe, no município de Itaiçaba.

O Canal do Trabalhador conduz água até o açude Pacajus, em uma extensão de 103 km, com capacidade de vazão de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (CEARÁ, 2005b). Além dos municípios de Beberibe e Pacajus, cortados pelo Canal, este conduz a água do rio Jaguaribe a municípios da região metropolitana de Fortaleza para diversos usos, entre os quais a irrigação. Desta forma, a demanda de água para irrigação suprida pelo trecho do rio na bacia do Baixo Jaguaribe extrapola os municípios banhados pelo rio, citados anteriormente.

Informações sobre os usos de água captada ao longo do Canal do Trabalhador foram obtidas da planilha *Consumo de Água Bruta dos Usuários no Canal do Trabalhador – 2004*, da COGERH (CEARÁ, 2004a), que dispõe apenas do nome do usuário, tipos de uso (abastecimento, consumo humano, consumo animal ou irrigação) e vazão de captação.

A TABELA 2 apresenta a relação dos municípios da região do Baixo Jaguaribe com os quantitativos do cadastro de outorga d'água, totalizando 635 irrigantes outorgados e 7.113 ha irrigados.

TABELA 2 – Quantidade de irrigantes outorgados e área irrigada no Baixo Jaguaribe.

Município	Irrigantes Outorgados	Área Total (ha)	Método de Irrigação					
			Inundação / Faixa	Sulco	Aspersão	Pivô	Microaspersão	Gotejamento
Alto Santo	32	225	89	20	117	-	-	-
São João do Jaguaribe	157	784	490	59	233	-	-	1
Tabuleiro do Norte	35	437	390	30	2	-	-	15
Morada Nova	1	3	3	-	-	-	-	-
Limoeiro do Norte	154	3.484	555	124	35	1.719	1.009	42
Quixeré	25	59	24	-	32	-	-	4
Russas	62	581	254	9	210	-	14	93
Jaguaruana	118	743	138	75	125	-	169	236
Itaíçaba	3	76	-	-	1	-	-	75
Beberibe/Canal Trabalhador	48	721					421	300
	635	7.113	1.943	317	755	1.719	1.614	766

Ao longo do Canal do Trabalhador são identificados 48 usuários de água para irrigação com vazões variando entre 0,001¹² e 101,251 litros por segundo, totalizando 190,65 L/s, correspondendo a 92% da vazão de todos os usos cadastrados ao longo do canal e a 3,2% da capacidade de vazão deste. Neste estudo foram consideradas apenas as captações mais expressivas a partir do Canal do Trabalhador, conforme a seguir: AGM Agroindustrial Pecuária Ltda. e o produtor Jaime Aquino, com 300 ha e 421,3 ha de caju, respectivamente, ambas situadas no município de Beberibe, constantes da TABELA 2.

A FIGURA 1 apresenta a localização das áreas irrigadas com base nas coordenadas geográficas das propriedades, constantes do *Cadastro de Outorga d'Água da Região do Baixo Jaguaribe*.

¹² A inexigibilidade da outorga para consumos abaixo de 0,55 L/s, conforme estabelecido pelo Decreto Estadual nº 23.067, corresponde a “captações diretas na fonte”, o que não acontece no Canal do trabalhador.

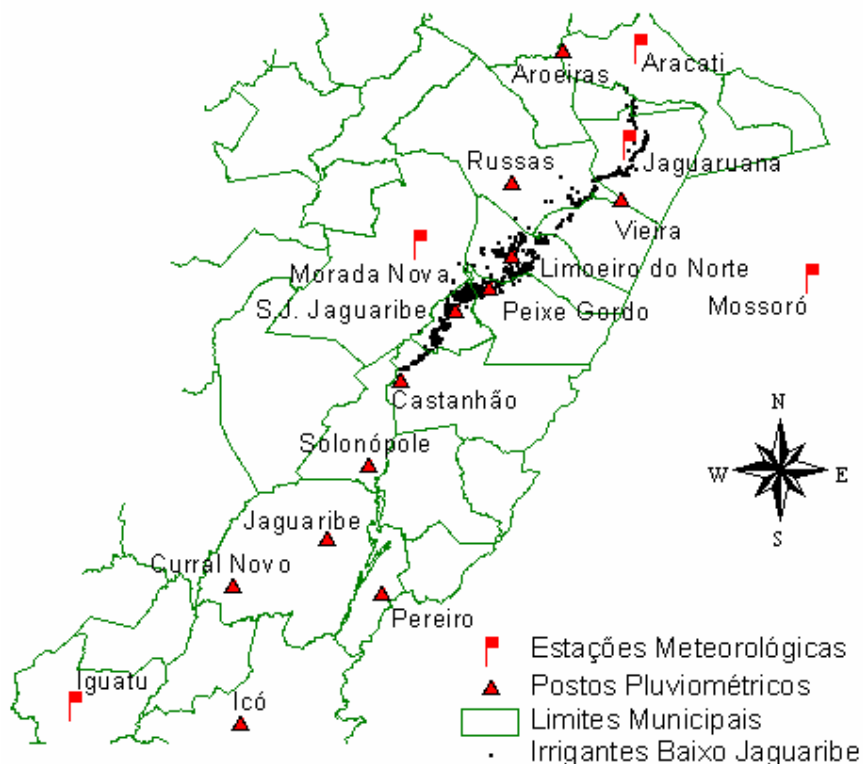


FIGURA 1 - Localização das áreas irrigadas, estações meteorológicas e postos pluviométricos na região em estudo e circunvizinhas.

Conforme se observa na FIGURA 1, o rio Jaguaribe, no trecho em estudo, atravessa áreas dos municípios de Alto Santo, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Morada Nova, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas, Jaguaruana, Itaiçaba e Aracati, onde situa-se sua foz no Oceano Atlântico. Com exceção de Aracati, onde o rio passa a sofrer influência da maré, tornando-se imprópria para irrigação, todos os demais municípios dispõem de áreas irrigadas.

3.2 Estimativa dos balanços hídricos

Com base na localização georeferenciada das áreas irrigadas, foram estimadas as *Precipitações Efetivas* (Pef) e *Evapotranspirações de Referência* (ETo) para cada uma das áreas irrigadas, através da interpolação dos dados pelo *Método do Inverso do Quadrado da Distância* (IQD).

Foram utilizados dados médios mensais de chuva de cinco estações meteorológicas do INMET e de 12 postos pluviométricos situados na região de interesse e circunvizinhas, possibilitando a interpolação dos dados considerando,

também, a influência das regiões do entorno. Na TABELA 3 e na FIGURA 1 são apresentadas as estações meteorológicas e os postos pluviométricos utilizados no estudo. Na TABELA 4 são apresentados os dados pluviométricos médios mensais das mesmas.

TABELA 3 - Estações meteorológicas (EM) e postos pluviométricos (PP) utilizados no estudo.

Município	Estação/Posto	Latitude	Longitude
Aracati	EM 437000	04° 34' S	37° 46' W
Aroeiras	PP 437001	04° 34' S	37° 58' W
Castanhão	PP 538008	05° 28' S	38° 24' W
Currá Novo	PP 638009	06° 02' S	38° 52' W
Icó	PP 638014	06° 25' S	38° 52' W
Iguatu	EM 639044	06° 22' S	39° 18' W
Jaguaribe	PP 538043	05° 54' S	38° 37' W
Jaguaruana	EM 437006	04° 47' S	37° 46' W
Limoeiro do Norte	PP 538009	05° 09' S	38° 06' W
Morada Nova	EM 538000	06° 01' S	38° 23' W
Mossoró - RN	EM 82591	05° 12' S	37° 18' W
Peixe Gordo	PP 538044	05° 13' S	38° 12' W
Pereiro	PP 638011	06° 03' S	38° 28' W
Russas	PP 437010	04° 56' S	38° 07' W
S. J. do Jaguaribe	PP 538010	05° 17' S	38° 16' W
Solonópole	PP 539023	05° 44' S	39° 01' W
Vieira	PP 437005	04° 59' S	37° 49' W

Fontes: EM (INMET, 2004); PP (ANEEL, 2001)

TABELA 4 - Dados pluviométricos médios mensais das estações e postos utilizados neste estudo.

Estação/Posto	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Aracati	1912-1983	74,9	139,3	235,3	221,2	135,6	47,6	20,4	3,3	2,6	4,7	6,1	19,8	910,8
Aroeiras	1962-1999	63,5	112,4	211,6	220,4	121,5	65,8	26,6	6,6	4,3	6,5	6,8	25,0	871,0
Jaguaruana	1912-1983	43,0	119,9	211,5	182,8	108,4	45,3	21,0	3,6	2,3	1,3	3,4	11,7	754,2
Russas	1962-1977	77,6	92,8	234,8	218,6	129,6	56,3	25,0	3,9	1,9	0,2	1,7	14,2	856,6
Vieira	1962-1983	64,6	105,0	178,1	190,7	124,3	48,9	24,2	4,4	5,0	0,8	1,5	18,8	766,3
Morada Nova	1912-1976	81,3	115,2	198,5	163,8	100,7	43,0	16,5	3,4	2,6	1,1	3,0	18,0	747,1
Limoeiro Norte	1984-1999	65,3	126,9	185,4	171,5	92,8	38,1	16,6	3,6	2,3	1,9	3,4	15,7	723,5
Mossoró - RN	1991-2003	58,4	112,7	180,2	178,6	113,1	48,5	45,7	10,7	4,4	2,1	3,3	19,2	776,9
Peixe Gordo	1992-1999	83,3	97,0	170,1	130,6	88,3	58,3	9,6	13,3	0,6	2,4	0,3	18,3	672,1
S. J. do Jaguaribe	1911-1983	71,4	114,6	190,9	156,0	91,0	42,2	19,5	4,1	1,1	2,3	3,0	18,7	714,8
Castanhão	1962-1999	64,4	111,3	213,8	179,5	92,8	48,4	31,8	7,0	2,6	3,0	3,2	26,8	784,6
Solonópole	1948-1983	67,7	100,4	170,4	158,9	111,9	44,9	20,1	7,6	7,6	0,8	5,7	15,5	711,5
Jaguaribe	1992-1999	110,9	97,8	147,0	149,7	100,0	23,7	19,1	13,4	0,3	2,8	5,6	21,0	691,3
Currá Novo	1934-1983	64,6	118,8	186,2	122,4	77,9	29,5	12,9	2,4	4,3	3,9	25,1	20,4	668,4
Pereiro	1910-1983	90,1	168,7	303,6	239,3	128,4	58,0	28,3	9,3	9,8	7,1	13,1	32,5	1.088,2
Iguatu	1989-2000	128,3	109,1	182,4	176,4	120,2	28,4	9,0	8,1	13,1	18,9	14,2	54,9	863,0
Icó	1912-1999	87,5	131,0	200,8	148,4	77,4	27,3	11,8	4,8	5,3	9,1	14,7	33,3	751,4

Fonte: Mossoró (ESAM, 2004); demais (ANEEL, 2001).

A partir dos dados de precipitação média mensal foram estimadas as Pef utilizando o método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS), apresentado nas Equações 1 e 2 (CLARKE, 1998).

$$Pef = [Pt.(125 - 0,2.Pt)] / 125 \quad (Pt < 250 \text{ mm}) \quad (1)$$

$$Pef = 125 + 0,1.Pt \quad (Pt > 250 \text{ mm}) \quad (2)$$

sendo:

Pef: precipitação efetiva (mm.mês⁻¹);

Pt: precipitação total (mm.mês⁻¹).

Os valores de ETo foram obtidos de ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ (ESAM) (2004) para Mossoró-RN e CABRAL (2000) para as demais estações meteorológicas, tendo sido estimadas pela equação FAO Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). A TABELA 5 apresenta os valores estimados das ETo médias mensais para cada estação meteorológica.

TABELA 5 - ETo média mensal estimada pela equação FAO Penman-Monteith para as estações meteorológicas utilizadas neste estudo.

Estação	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Aracati	1912-1983	193,8	163,8	160,9	146,1	142,3	133,8	187,2	217,0	204,9	214,2	165,6	164,3	2.093,9
Mossoró-RN	1991-2003	185,1	140,1	119,1	106,3	112,3	118,6	148,2	188,4	209,2	214,6	205,4	197,9	1.945,2
Iguatu	1989-2000	154,7	114,8	107,9	99,3	106,6	114,9	146,9	175,2	182,4	197,2	187,8	184,1	1.771,8
Jaguaruana	1912-1983	191,3	149,5	140,4	130,8	131,1	136,5	160,0	195,6	210,6	230,3	213,6	200,3	2.090,0
Morada Nova	1912-1976	208,6	157,9	151,6	137,1	141,4	140,4	164,3	195,0	219,3	238,4	229,8	225,4	2.209,2

Fonte: Mossoró (ESAM, 2004); demais: (CABRAL, 2000)

Para a interpolação dos dados de Pef e ETo utilizou-se o *Método do Inverso do Quadrado da Distância* (IQD). Este método assume que o valor a ser estimado para a variável em um ponto X qualquer é proporcional ao valor medido em n estações vizinhas (P_i) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o ponto X e cada uma destas n estações (d_i²). Portanto, quanto mais distante o posto estiver do ponto X, menor será seu peso, ou seja, menor sua influência sobre o valor a ser estimado (P_o). A Equação 3 apresenta o método de cálculo (PELLEGRINO et al., 1998):

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_{io}^m}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{io}^m}} \quad (3)$$

sendo: P_o : valor estimado; P_i : valor medido na estação i ; d_i : distância entre o ponto a ser estimado e a estação i ; n : número de estações usadas na estimativa de P_o ; i : número da estação (variando de 1 a n); e, m : expoente que define a ordem da interpolação (IQD $m=2$).

O software Surfer 7.0 (GOLDEN SOFTWARE, 1999) foi usado para a confecção de mapas de contorno com curvas de isovalores com base nos dados médios mensais de Pef (estações meteorológicas e postos pluviométricos) e ETo (estações meteorológicas), a partir dos dados espacialmente distribuídos através do método do IQD.

Os mapas de contorno elaborados pelo Surfer foram exportados no formato *shapefile*, possibilitando a elaboração de mapas com as isolinhas de Pef e ETo, junto com a localização das áreas irrigadas, estações meteorológicas, postos pluviométricos e os limites municipais da região do Baixo Jaguaribe, elaborados através do software ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999).

Os valores estimados para cada área irrigada foram agrupados em função do município de localização e, em seguida, obtidas as médias mensais da Pef e ETo por município, mais especificamente, relativos às regiões irrigadas a partir do rio Jaguaribe, possibilitando uma estimativa mais precisa dos volumes e vazões a serem outorgados para cada área irrigada, com base no município a qual esteja situada.

A partir das médias mensais obtidas para cada município foram estimados valores semanais de Pef e ETo através da média ponderada em função dos números de dias do mês constante na respectiva semana. Desta forma, foram obtidos, para cada município, valores de Pef e ETo para cada uma das 52 semanas do ano.

3.3 Coeficiente de Cultivo (Kc)

Conforme citado, para a quantificação das necessidades de irrigação das culturas, a partir das suas evapotranspirações (ETc), são utilizados os Coeficientes de Cultivo (Kc) que relacionam a ETc com a ETo.

Foram levantadas informações disponíveis relativas às durações dos estádios das culturas e respectivos coeficientes de cultivo, sendo reunidas em um banco de dados. Na composição do banco de dados foram priorizadas as determinações locais e regionais e àquelas obtidas por métodos de maior precisão, como através da utilização de lisímetros. Os estádios das culturas, duração e Kc, apresentados no banco de dados estão em conformidade com a metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1992), na qual apenas os valores dos estádios inicial, intermediário e final são definidos e a partir dos quais são construídas as curvas de variação do Kc da cultura. Os Kcs durante os estádios de crescimento e final foram obtidos para períodos semanais com a interpolação dos valores de Kc dos estádios inicial e intermediário, e intermediário e final, respectivamente, através de planilha eletrônica Microsoft Excel (MICROSOFT, 2000).

3.4 Eficiência de irrigação

Embora do ponto de vista agrônomo a *Eficiência de Aplicação* (Ea) tenha importância relativa, por não indicar o grau de uniformidade na distribuição da água de irrigação e por não traduzir, necessariamente, a reposição da lâmina requerida na zona radicular das culturas (*adequabilidade da irrigação*), é um indicador das perdas e da quantidade de água efetivamente disponibilizada às plantas. Desta forma, a Ea associada à *Eficiência de Condução* (Ec) são os parâmetros que indicam a parcela de água efetivamente disponibilizada às culturas em relação à quantidade total derivada e, portanto, de interesse na conservação e eficiência no uso de recursos hídricos.

Para estimativa das demandas de água para irrigação, neste estudo foram previstos dois cenários com valores de Ea distintos: A) considerando os valores de Ea constatados em estudos citados na revisão de literatura; e, B) considerando a elevação das eficiências de aplicação, mediante a utilização dos valores superiores das faixas de variação da Ea, também citados na revisão de literatura. A TABELA 6 apresenta os valores de Ea considerados nos dois cenários.

TABELA 6 – Valores de E_a considerados neste estudo para estimativa das demandas de água.

Sistema de Irrigação	Cenário A		Cenário B
	E_a	Referência Bibliográfica	
Inundação	51%	(COLARES, 2004) (1)	60%
Faixa	60%	estimativa do autor	63%
Bacia	63%	estimativa do autor	66%
Sulco	67%	(CASTRO, 1997)	70%
Aspersão conv.	71%	(RAMOS et al., 2003)	80%
Pivô central	76%	(GOMES, 1999) (2)	85%
Microaspersão	79%	(RAMOS et al., 2003)	90%
Gotejamento	79%	(RAMOS et al., 2003)	95%

(1) média do total de água aplicado ao longo de todo ciclo da cultura, incluindo a primeira irrigação, nas duas unidades texturais de solo analisadas: argilo-siltosa, 68,9%; e, areia franca, 32,4%.

(2) 5% acima do valor considerado para aspersão convencional, conforme citado pelo autor.

Uma parcela significativa dos sistemas de irrigação pressurizados (aspersão, pivô, microaspersão e gotejamento) encontra-se nos Perímetros de Irrigação Jaguaribe-Apodi e Jaguaruana, onde ocorre a condução da água por longas distâncias passando por canais e reservatórios revestidos. Quanto às irrigações por superfície (inundação, faixa, bacia e sulco), embora estejam localizadas mais próximas ao leito do rio, geralmente a condução da água se dá em canais sem revestimento. Desta forma, foi estimada a eficiência de condução de água de 90% para todos os métodos de irrigação.

As eficiências de irrigação consideradas nas estimativas, correspondendo ao produto $E_a \times E_c$, são apresentadas na TABELA 7.

TABELA 7 – Valores de eficiências de irrigação ($E_a \times E_c$) considerados neste estudo para estimativa das demandas de água.

Sistema de Irrigação	Cenário A	Cenário B
Inundação	46%	54%
Faixa	54%	57%
Bacia	57%	59%
Sulco	60%	63%
Aspersão conv.	64%	72%
Pivô	68%	77%
Microaspersão	71%	81%
Gotejamento	71%	86%

3.5 Necessidade de irrigação

Foram elaboradas planilhas eletrônicas Microsoft Excel (MICROSOFT, 2000) com a entrada dos dados das culturas (áreas plantadas, épocas de plantio, sistemas de irrigação e período de irrigação no ano) para cada um dos nove municípios analisados. Nas mesmas planilhas foram lançados os valores semanais estimados de ETo e Pef para cada município, obtidos conforme descrito no item 3.2, e o Kc próprio da cultura na respectiva semana, correspondendo a um valor constante para as culturas perenes e variável, em função da época de plantio, para as culturas temporárias, conforme descrito no item 3.3.

Desta forma, para cada cultura existente em cada um dos municípios foi gerada uma planilha eletrônica com as épocas de plantio e sistemas de irrigação dispostos em linhas e com 52 colunas relativas às semanas do ano com as respectivas estimativas de ETo, Pef e balanço hídrico semanal.

3.5.1 Lâminas líquidas de irrigação necessárias

A partir das estimativas semanais de ETo e Pef, e do Kc médio da cultura, foram determinadas as lâminas líquidas de irrigação necessárias por ano para as culturas perenes plantadas em cada município.

Para as culturas temporárias, também a partir das estimativas semanais de ETo e Pef e do Kc no respectivo período, foram determinadas as lâminas líquidas de irrigação necessárias ao longo de todo ciclo em função do mês de plantio, para cada município.

3.5.2 Lâminas brutas de irrigação

A partir das lâminas líquidas e das eficiências de irrigação consideradas para cada sistema (TABELA 7) foram obtidas as lâminas brutas de irrigação semanais das culturas efetivamente existentes em cada município, em função do sistema de irrigação e da época de plantio, no caso de culturas temporárias.

Para cada município foram totalizados os volumes de água para irrigação demandados por semana, mês e ano.

3.6 Demanda de água para irrigação no Baixo Jaguaribe e vazões contínuas necessárias para atendimento

Com base no somatório das demandas semanais de água para irrigação dos municípios estudados, foram determinadas as vazões contínuas necessárias ao atendimento, para cada semana do ano, determinadas dividindo-se o volume total de água necessário para irrigação durante toda semana pelo tempo total do mesmo período, chegando-se a uma vazão única contínua para cada semana do ano.

3.7 Impacto da variação da eficiência de Irrigação na demanda de água na bacia do Baixo Jaguaribe

Para análise do impacto da eficiência de irrigação no montante de água necessário, foram feitas simulações de demanda com a variação da eficiência de irrigação, modificação do sistema e, até mesmo, do método de irrigação e, ainda, substituição de culturas. Os cinco cenários analisados foram:

A) valores de E_a constatados em estudos na região, citados em literatura, considerada como a situação vigente na região (apresentado no item 4.5);

B) considerando a elevação da eficiência de aplicação, utilizando-se os valores superiores das faixas de variação da E_a também citados na revisão de literatura (Cenário B da TABELA 7);

C) E_a do Cenário B, prevendo-se a substituição do método de irrigação por superfície empregado em culturas semiperenes e perenes por irrigação localizada (microaspersão); nestas áreas, por serem situadas mais próximas ao rio, a eficiência de condução considerada foi de 95%;

D) E_a do Cenário B, prevendo-se, além da substituição do método de irrigação por superfície empregado em culturas semiperenes e perenes por irrigação localizada (microaspersão), a substituição de toda irrigação por superfície (inundação, faixa, bacia e sulco) das demais culturas, exceto arroz, por aspersão; também nestas áreas, por serem situadas mais próximas ao rio, a eficiência de condução considerada foi de 95%;

E) E_a do Cenário B, prevendo-se, além das substituições anteriores, a substituição de toda cultura de arroz, irrigada por inundação e sulco, por banana irrigada por microaspersão, também considerando a eficiência de condução de 95%.

3.8 Determinação das faixas de área por cultura para enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado

Conforme disposto no Decreto nº 27.271/2003, que estipula a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado do Ceará, a tarifa a ser cobrada para uso em irrigação varia em função de cinco faixas de consumo mensal de água, conforme a seguir: a) de 1.441 até 5.999 m³.mês⁻¹; b) de 6.000 até 11.999 m³.mês⁻¹; c) de 12.000 até 18.999 m³.mês⁻¹; d) de 19.000 até 46.999 m³.mês⁻¹ e, e) a partir de 47.000 m³.mês⁻¹.

Por conseguinte, o valor unitário da tarifa a ser cobrada de cada usuário irrigante dependerá da necessidade de irrigação da cultura, determinada por sua demanda hídrica, em função da época de plantio, e pela eficiência do sistema de irrigação utilizado.

Com base nas necessidades de irrigação das culturas e eficiências de irrigação previstas neste estudo (TABELA 7, Cenário A), procedeu-se a determinação das faixas de área enquadráveis em cada faixa de tarifação para as três principais culturas avaliadas em termos de área explorada: arroz, feijão e banana. Para as culturas temporárias (arroz e feijão) foi considerada a época de plantio correspondente à de maior ocorrência (mês de agosto), conforme apresentado no item 4.1, e a respectiva necessidade de irrigação. Os sistemas de irrigação e as eficiências consideradas também correspondem aos mais utilizados para as respectivas culturas, conforme a ser apresentado na TABELA 11.

Para avaliação do efeito da cobrança frente à estrutura produtiva da bacia do Baixo Jaguaribe, foram identificadas as quantidades de áreas de produção e o total de área enquadrada em cada faixa de tarifação para as três culturas citadas.

3.9 Impacto da cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos sobre o custo de produção e receita dos produtos agrícolas

Com base nas necessidades de irrigação estimadas, este estudo também teve por objetivo avaliar o impacto do pagamento da água para irrigação sobre o custo de produção e receita líquida dos principais produtos face à tarifação vigente no Estado do Ceará, estipulada pelo Decreto nº 27.271/03.

Na TABELA 8 encontram-se as informações de custo de produção, valor unitário do produto, receita bruta e resultado operacional dos produtos agrícolas cultivados na região do Baixo Jaguaribe e avaliados neste estudo.

TABELA 8 – Custo de produção, produção, valor do produto, receita bruta e receita líquida dos principais produtos agrícolas produzidos na região do Baixo Jaguaribe.

Produto Agrícola	Custo de Produção (1) R\$/ha	Produção (2)	Valor Unitário do Produto (3) R\$	Receita Bruta R\$/ha	Receita Líquida (4) R\$/ha
Arroz	2.907	5.920	0,55	3.256	349
Banana Pacovan	38.124	250.000	0,204	51.000	12.876
castanha		20.934	1,10	23.027	
Caju pedúnculo	123.493	167.469	0,10	16.747	198.885
<i>in natura</i>		188.403	1,50	282.604	
Cana de açúcar	20.484	1.040	30,00	31.200	10.716
Coco Verde	30.683	250.000	0,20	50.000	19.317
Feijão	1.485	1.500	1,41	2.115	630
Goiaba Paluma	60.919	355.000	0,405	143.775	82.856
Graviola	37.951	106.000	1,194	126.522	88.570
Mamão Formosa	19.136	160.000	0,228	36.480	17.344
Manga	73.607	160.000	2,368	378.832	305.225
Maracujá	12.236	30.000	0,54	16.200	3.964'
Melancia	6.091	40.000	0,186	7.440	1.349
Melão	11.917	28.000	0,61	17.035	5.118
Milho (grão)	1.845	5.000	0,40	2.000	155
Pimenta	14.011	14.000	1,75	24.500	10.489
Pimentão	8.075	20.000	0,59	11.760	3.685
Pinha / Ata	57.892	128.000	1,44	184.320	126.428
Tomate	14.022	60.000	0,35	20.880	6.858
Uva	215.074	290.000	1,67	484.590	269.516

Custo de produção, produção, receita bruta e resultado referentes a um ciclo de produção das culturas temporárias (arroz, feijão, melancia, melão, milho, pimenta, pimentão e tomate) e semiperenes (banana, cana, mamão e maracujá) e a 10 anos de exploração para as culturas perenes (caju, coco, goiaba, graviola, manga, pinha/ata e uva).

(1) Custo de produção inclui 3% de administração, 2% de assistência técnica, depreciação e manutenção do equipamento de irrigação.

(2) e (3) Unidade Kg, exceto coco (fruto).

(3) Preço líquido pago ao produtor.

(4) Diferença entre a receita da venda do produto e o custo de produção deste produto, por ha.

FONTES: custo produção arroz (COLARES, 2004); produção e preço de arroz, preço de castanha de caju, feijão (2ª safra) e milho (CEARÁ, 2004b); produção de castanha, pedúnculo e caju *in natura* (PESSOA et al., 2000); preço de pedúnculo e caju *in natura* baseado em Pessoa et al. (2000); cana (PROJETEC PROJETOS TÉCNICOS, 2004); custo de produção do caju (incluindo a colheita do pedúnculo (R\$ 0,05/kg) e caju *in natura* (R\$ 0,50/kg)), feijão e milho: índices técnicos do BANCO DO NORDESTE (1996) com valores atuais obtidos pelo autor; demais dados (CEARÁ, 2003a).

Para as culturas temporárias foram consideradas as épocas de plantio com maior ocorrência para cada cultura com base no *Cadastro de Outorga d'Água*

da Região do Baixo Jaguaribe (CEARÁ, 2002), conforme a seguir: fevereiro - pimenta; junho - melão; julho - pimentão; agosto – arroz (FIGURA 5), feijão (FIGURA 6), milho e tomate; e, setembro - melancia. As necessidades de irrigação (lâminas líquidas) por ciclo de produção das culturas temporárias foram obtidas da TABELA 19, considerando o mês de plantio.

Para as culturas perenes as lâminas líquidas de irrigação anual foram obtidas da TABELA 18. Os métodos de irrigação considerados também foram os mais empregados para cada cultura com base no *Cadastro*, tabulados na TABELA 11, conforme a seguir: inundação - arroz e cana; aspersão convencional - feijão e maracujá; pivô central - milho; microaspersão - banana, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, pinha, e uva; e, gotejamento - coco, melancia, melão, pimenta, pimentão e tomate.

Em função das lâminas líquidas de irrigação e das eficiências dos métodos, obtidos da TABELA 7 (Cenário A), foram calculadas as necessidades de irrigação em volume de água por hectare. Tendo em vista a diversidade de valores cobrados pela água em função dos volumes consumidos, conforme a legislação vigente no Estado, foi adotado o valor de R\$ 7,04 /1.000 m³ de água, determinado como valor médio para as três culturas mais representativas da bacia (item 4.7).

Para a avaliação do impacto da cobrança de água nas culturas temporárias consideraram-se os volumes de água necessários para irrigação, custos de produção e receitas de uma safra. Para as culturas semiperenes, os períodos de análise considerados correspondem aos dos seus ciclos produtivos, conforme a seguir: banana, 6 anos; cana-de-açúcar, 9 anos; mamão, 3 anos; e, maracujá, 2 anos. Para as culturas perenes (caju, coco, goiaba, graviola, manga, pinha e uva), tendo em vista a ausência ou produções reduzidas durante os primeiros anos, os impactos da cobrança de água foram baseados em um período de análise de 10 anos, totalizando os valores de necessidade de irrigação, custos de produção e receitas, neste período.

O impacto da cobrança de água sobre a produção dos produtos agrícolas relacionados na TABELA 8 foi analisado, a exemplo de autores citados na revisão de literatura deste estudo, com base nos seguintes valores: *i) custo de produção*; *ii) receita bruta*; e, *iii) receita líquida*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Quantificação e análise das áreas irrigadas na região do Baixo Jaguaribe

A partir do *Cadastro de Outorga d'Água da Região do Baixo Jaguaribe* (CEARÁ, 2002) e da planilha *Consumo de Água Bruta dos Usuários no Canal do Trabalhador – 2004* (CEARÁ, 2004a), ambos da COGERH, e do *Levantamento das Áreas Plantadas no Projeto Irrigado Jaguaribe-Apodi* (FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DO PERÍMETRO IRRIGADO JAGUARIBE-APODI, 2004) foram identificadas 36 culturas exploradas com irrigação, com captação a partir do rio Jaguaribe, totalizando uma área de exploração anual de 7.570 ha. O acréscimo de área em relação a área irrigável de 7.113 ha, apresentada na TABELA 2, deve-se ao cultivo em seqüência de mais de uma safra de culturas temporárias em algumas áreas.

Na TABELA 9 visualizam-se as culturas com as respectivas áreas exploradas por município. Na FIGURA 2 é apresentada a composição percentual das culturas irrigadas na região, no ano agrícola de 2004.

Na TABELA 9 estão incluídas áreas plantadas em Beberibe que, conforme citado, embora não seja um dos municípios banhados pelo rio Jaguaribe na área em estudo recebe água através do Canal do Trabalhador, cuja captação é localizada no município de Itaiçaba.

TABELA 9 – Áreas irrigadas na Região do Baixo Jaguaribe, por cultura e município, no ano agrícola de 2004.

Cultura	Áreas Plantadas (ha)										
	Alto Santo	São João do Jaguaribe	Tabuleiro do Norte	Morada Nova	Limoeiro do Norte	Quixeré	Russas	Jaguaruana	Itaiçaba	Beberibe	SOMA
Açaí	-	-	-	-	-	-	-	9,0	-	-	9,0
Acerola	-	-	-	-	-	-	-	78,0	-	-	78,0
Algodão	-	-	-	-	543,8	-	-	-	-	-	543,8
Arroz	3,5	218,1	349,7	-	427,3	17,8	249,6	80,0	-	-	1.345,9
Atemóia	-	-	-	-	-	-	-	3,8	-	-	3,8
Banana	6,1	86,8	5,6	-	888,0	4,3	11,0	18,1	-	-	1.019,8
Caju	-	0,5	-	-	-	-	1,3	11,3	2,3	721,3	736,6
Cana	13,0	1,3	0,7	-	-	-	-	-	-	-	15,0
Capim / Pasto	66,1	81,6	7,8	-	149,4	4,5	34,3	83,5	-	-	427,1
Cebola	1,0	-	-	-	-	-	0,5	1,0	-	-	2,5
Coco	-	1,3	0,7	-	1,7	0,3	80,0	16,0	-	-	100,0
Feijão	114,4	328,8	19,5	-	122,2	20,1	158,4	195,6	1,0	-	959,9
Figo	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	0,5
Forragem	-	5,5	-	-	-	-	1,5	1,8	-	-	8,8
Goiaba	2,0	0,2	-	-	73,6	-	7,8	58,2	-	-	141,8
Graviola	-	0,2	-	-	29,4	-	0,5	5,0	-	-	35,1
Hortaliças	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	2,0
Laranja	-	1,0	-	1,5	-	-	2,0	2,0	-	-	6,5
Limão	3,0	38,5	35,1	1,5	36,0	-	-	2,0	-	-	116,1
Mamão	-	0,4	-	-	5,7	-	-	-	-	-	6,1
Mandioca	-	0,5	-	-	0,8	-	-	-	-	-	1,3
Manga	-	-	-	-	40,9	-	-	89,5	-	-	130,4
Maracujá	3,0	0,2	-	-	-	-	-	0,5	-	-	3,7
Melancia	-	-	-	-	2,5	4,0	0,5	62,3	-	-	69,3
Melão	-	-	-	-	2,5	-	9,2	40,0	72,5	-	124,2
Milho	-	2,5	15,0	-	853,5	4,7	10,8	13,0	1,0	-	900,5
Ornamentais	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,5
Pimenta	-	-	-	-	5,8	-	-	-	-	-	5,8
Pimentão	-	-	-	-	4,0	-	0,5	1,0	-	-	5,5
Pinha / Ata	-	-	-	-	33,0	-	1,3	-	-	-	34,3
Quiabo	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8
Sapota	-	-	-	-	2,0	-	-	8,0	-	-	10,0
Soja	-	-	-	-	418,7	-	-	-	-	-	418,7
Sorgo	13,3	15,9	2,5	-	170,8	3,5	19,8	57,8	-	-	283,5
Tomate	-	-	-	-	1,0	-	0,5	-	-	-	1,5
Uva	-	-	-	-	14,5	-	-	7,5	-	-	22,0
Totais (ha)	225	784	437	3	3.827	59	590	847	77	721	7.570

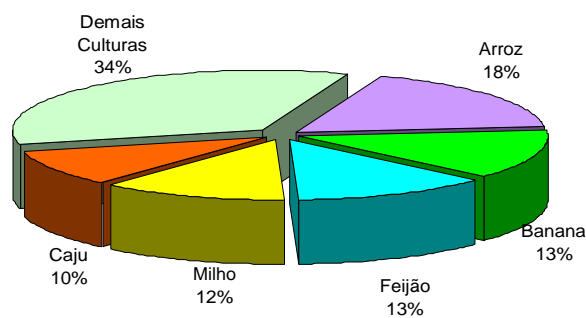


FIGURA 2 – Composição percentual das culturas irrigadas na região do Baixo Jaguaribe.

A partir da FIGURA 2 constata-se que 66% da área de cultivo sob irrigação é composta por apenas cinco culturas, predominando o arroz (17,8%) seguido por banana (13,5%), feijão (12,7%), milho (11,9%) e caju (9,7%). As demais 31 culturas levantadas somam 34% da área plantada com irrigação na Região do Baixo Jaguaribe.

Na FIGURA 3 apresenta-se a distribuição percentual das áreas cultivadas com irrigação entre os nove municípios da região do Baixo Jaguaribe. Constata-se a predominância dos municípios de Limoeiro do Norte (50%) e Jaguaruana (11%), justificado em parte pela existência dos perímetros públicos de irrigação Jaguaribe-Apodi e Jaguaruana.

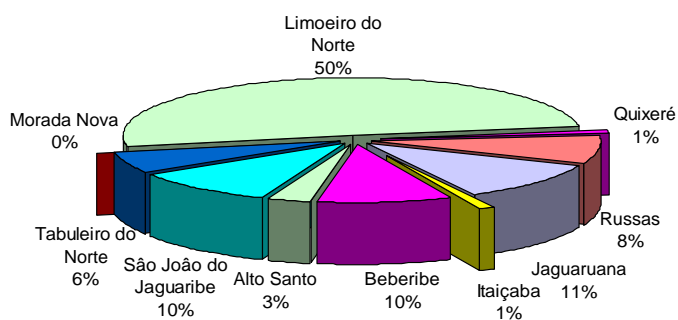


FIGURA 3 - Distribuição percentual das áreas plantadas com irrigação por município na Região do Baixo Jaguaribe.

Na FIGURA 4 apresenta-se a participação percentual das áreas plantadas em função dos sistemas de irrigação empregados na região do Baixo Jaguaribe. As distribuições destes sistemas de irrigação por município e por cultura são apresentadas nas TABELA 10 e TABELA 11, respectivamente.

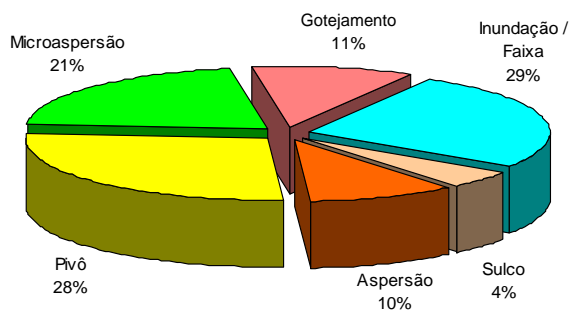


FIGURA 4 – Participação percentual das áreas plantadas por sistema de irrigação.

TABELA 10 – Distribuição dos sistemas de irrigação por município da região do B. Jaguaribe.

Município	Área Total (ha)	Sistema de Irrigação					
		Inundação / Faixa	Sulco	Aspersão	Pivô	Microas persão	Goteja mento
Alto Santo	225	88,8	19,8	116,8	-	-	-
São João do Jaguaribe	784	490,4	59,2	233,2	-	-	1,3
Tabuleiro do Norte	437	389,8	29,6	2,2	-	-	15,0
Morada Nova	3	3,0	-	-	-	-	-
Limoeiro do Norte	3.827	554,9	123,9	35,0	2.061,7	1.009,2	42,2
Quixeré	59	23,5	-	31,7	-	-	4,0
Russas	590	257,6	9,0	216,1	-	14,0	93,0
Jaguaruana	847	167,8	91,1	135,3	-	169,0	284,0
Itaiçaba	77	-	-	2,0	-	-	74,8
Beberibe/Canal Trabalhador	721					421	300
	7.570	1.976	333	772	2.062	1.614	814

TABELA 11 – Distribuição dos sistemas de irrigação por cultura na região do B. Jaguaribe.

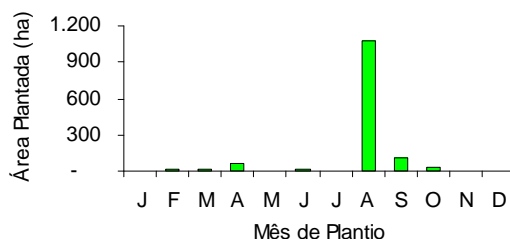
Cultura	Sistema de Irrigação						Total (ha)
	Inundação	Sulco	Aspersão	Pivô	Microas persão	Goteja mento	
Açaí	-	-	-	-	-	9	9
Acerola	-	-	-	-	-	78	78
Algodão	-	-	-	544	-	-	544
Arroz	1.341	5	-	-	-	-	1.346
Atemóia	-	-	-	-	-	4	4
Banana	116	49	9	-	842	3	1.020
Caju	-	1	1	-	433	303	737
Cana	14	-	1	-	-	-	15
Capim / Pasto	235	54	42	94	3	-	427
Cebola	-	-	3	-	-	-	3
Coco	2	1	2	-	2	94	100
Feijão	97	126	628	44	-	65	960
Figo	-	-	-	-	-	1	1
Fornagem	3	1	5	-	-	-	9
Goiaba	6	6	8	-	119	2	142
Graviola	2	0	-	-	27	7	35
Hortaliças	-	-	2	-	-	-	2
Laranja	5	-	-	-	2	-	7
Limão	80	35	-	-	2	-	116
Mamão	0	-	-	-	3,0	2,9	6
Mandioca	1	-	1	-	-	-	1
Manga	3	1	-	-	127	-	130
Maracujá	-	-	4	-	-	0	4
Melancia	-	3	2	-	-	65	69
Melão	-	3	1	-	-	121	124
Milho	12	6	18	849	-	15	900
Ornamentais	-	-	1	-	-	-	1
Pimenta	1	-	-	-	-	5	6
Pimentão	-	-	-	-	-	6	6
Pinha / Ata	-	-	-	-	34	-	34
Quiabo	-	1	-	-	-	-	1
Sapota	-	1	-	-	5	5	10
Soja	-	-	-	419	-	-	419
Sorgo	58	41	47	113	-	25	283
Tomate	-	-	-	-	-	2	2
Uva	-	-	1	-	18	4	22
Totais (ha)	1.976	333	772	2.062	1.614	814	7.570

A irrigação por inundação, faixa e bacia responde por 26% da área, sendo empregada predominantemente na cultura de arroz (1.341 ha). A inundação, de forma intermitente, é também empregada nas culturas de feijão (97 ha), sorgo (58 ha), pastagem (235 ha), banana (116 ha) e limão (80 ha).

A irrigação por pivô central é restrita ao Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, com 28 equipamentos¹³, e a uma propriedade adjacente ao Perímetro, com mais três pivôs, também abastecidos pela infra-estrutura hídrica do Perímetro, totalizando 31 pivôs com uma área total irrigável de 1.725 ha (FAPIJA, 2004), toda localizada no município de Limoeiro do Norte. Além da relevância da área equipada com pivô central, a expressiva participação deste sistema de irrigação (27%) deve-se, também, à utilização intensiva destas áreas, com mais de uma safra de culturas temporárias durante o ano. São observadas culturas de milho, algodão, soja, sorgo, pasto e feijão irrigadas por pivô central.

A microaspersão e o gotejamento correspondem ao terceiro e quarto sistemas de irrigação mais empregados, em termos de área, com maior concentração no Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, no município de Jaguaruana e ao longo do Canal do Trabalhador, predominando as culturas de banana, caju, manga, goiaba, pinha, graviola e uva, com microaspersão, e caju, melão, coco, acerola e melancia com gotejamento. A irrigação por gotejamento é também empregada em culturas de baixa rentabilidade e pouco tradicionais para este sistema, como feijão, sorgo e milho, provavelmente, como plantios em rotação com culturas mais nobres.

Com base nos cadastros de outorga, procedeu-se a identificação das épocas de plantio das duas culturas temporárias mais expressivas em termos de área: arroz e feijão, conforme apresentado na FIGURA 5 e na FIGURA 6, respectivamente.



¹³ Originalmente no Perímetro haviam 31 pivôs centrais, sendo que 3 (nº 4.1, 6.2 e 7.1) foram totalmente substituídos por irrigação localizada e o pivô nº 7.2 apenas parcialmente substituído, permanecendo a irrigar uma área de 18 ha.

FIGURA 5 – Distribuição do plantio de arroz, por época de plantio.

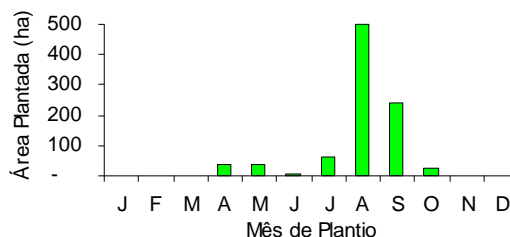


FIGURA 6 – Distribuição do plantio de feijão, por época de plantio.

No mês de agosto, seguido por setembro, ocorre a maior parte dos plantios de ambas as culturas, com participação percentual de 88% e 82% para o arroz e feijão, respectivamente. Durante o período chuvoso, entre os meses de fevereiro e maio, ocorrem também plantios da ordem de 8% do total do ano.

4.2 Estimativa da necessidade de irrigação das culturas

Na TABELA 12 apresentam-se os resultados das estimativas das Pef pelo método USDA-SCS para os postos pluviométricos da região de interesse e circunvizinhas.

TABELA 12 – Pef (mm) estimada para os postos pluviométricos utilizados neste estudo.

Local	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Aracati	65,9	108,3	146,7	142,9	106,2	44,0	19,7	3,3	2,6	4,7	6,0	19,2	669,5
Aroeiras	57,0	92,2	140,0	142,7	97,9	58,9	25,5	6,5	4,3	6,4	6,7	24,0	662,1
Castanhão	57,8	91,5	140,7	127,9	79,0	44,7	30,2	6,9	2,6	3,0	3,2	25,7	613,2
Mossoró - RN	47,3	84,4	119,0	115,6	82,4	37,8	19,5	8,4	2,4	1,9	5,8	15,3	539,8
Curral Novo	57,9	96,2	130,7	98,4	68,2	28,1	12,6	2,4	4,3	3,9	24,1	19,7	546,5
Icó	75,3	103,5	136,3	113,2	67,8	26,1	11,6	4,8	5,3	9,0	14,4	31,5	598,8
Iguatu	102,0	90,1	129,2	126,6	97,1	27,1	8,9	8,0	12,8	18,3	13,9	50,1	684,1
Jaguaribe	91,2	82,5	112,4	113,8	84,0	22,8	18,5	13,1	0,3	2,8	5,5	20,3	567,2
Jaguaruana	40,0	96,9	139,9	129,3	89,6	42,0	20,3	3,6	2,3	1,3	3,4	11,5	580,1
Limoeiro do Norte	58,5	101,1	130,4	124,4	79,0	35,8	16,2	3,6	2,3	1,9	3,4	15,3	571,9
Morada Nova	70,7	94,0	135,5	120,9	84,5	40,0	16,1	3,4	2,6	1,1	3,0	17,5	589,3
Peixe Gordo	72,2	81,9	123,8	103,3	75,8	52,9	9,5	13,0	0,6	2,4	0,3	17,8	553,5
Pereiro	77,1	123,2	155,4	147,7	102,0	52,6	27,0	9,2	9,6	7,0	12,8	30,8	754,4
Russas	68,0	79,0	146,6	142,1	102,7	51,2	24,0	3,9	1,9	0,2	1,7	13,9	635,2
S. J. do Jaguaribe	63,2	93,6	132,6	117,1	77,8	39,4	18,9	4,1	1,1	2,3	3,0	18,1	571,2
Solonópole	60,4	84,3	123,9	118,5	91,9	41,7	19,5	7,5	7,5	0,8	5,6	15,1	576,7
Vieira	57,9	87,4	127,3	132,5	99,6	45,1	23,3	4,4	5,0	0,8	1,5	18,2	603,0

A média do total anual da Pef para todos os postos é de 606,8 mm, variando de 539,8 mm no posto de Mossoró-RN a 754,4 mm em Pereiro. Os postos situados dentro da região de interesse (Castanhão, São João do Jaguaribe, Peixe Gordo, Limoeiro do Norte, Vieira, Russas e Jaguaruana) apresentaram média do total anual de 589,7 mm, variando de 553,5 mm em Peixe Gordo a 635,2 mm em

Russas. Para todos os postos, cerca de 75% do total anual precipitado ocorre no período de fevereiro a maio.

Observa-se uma tendência de redução das precipitações anuais médias no sentido do litoral (669,5 mm em Aracati e 662,1 mm em Aroeiras) para o interior (546,5 mm em Curral Novo e 598,8 mm em Icó), havendo exceções como Pereiro, situado a cerca de 200 km do litoral e que apresenta os maiores índices pluviométricos (média anual de 754,4 mm), certamente em função das chuvas orográficas provocadas pela Serra do Pereiro. Os dados de Iguatu também contradizem a tendência: embora com localização mais continental, apresenta um total anual médio de 684,1 mm, superior aos postos do litoral. Segundo Ceará (2000), “[...] para a estação de Iguatu, os valores de precipitação média mensal publicados pelas Normais Climatológicas de 1961-1990 pelo Departamento Nacional de Meteorologia, apresentam valores extremamente elevados [(2.279 mm anuais)] e defasados em relação à estação úmida natural da região. Provavelmente, trata-se de um equívoco computacional da própria publicação”. Possivelmente este erro tenha sido repassado aos dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos, de onde foram extraídos por ANEEL (2001).

Na FIGURA 7 e na FIGURA 8 apresentam-se, respectivamente, os mapas de contorno com as isolinhas das estimativas de Pef (USDA-SCS) do mês de março e ETo (Penman-Monteith/FAO) do mês de outubro, correspondendo aos meses de maior precipitação e demanda evapotranspirativa, respectivamente, posicionados sobre a localização das áreas irrigadas, estações meteorológicas, postos pluviométricos e limites municipais da região do Baixo Jaguaribe.

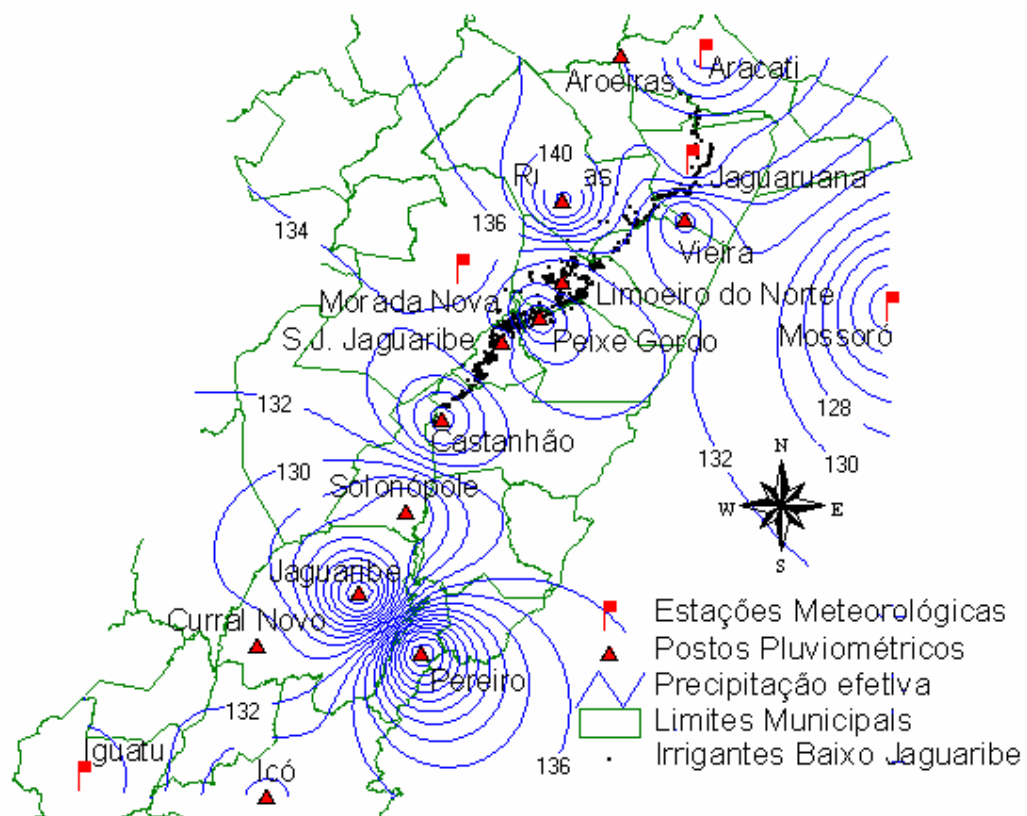


FIGURA 7 – Isoietas (Pef) média do mês de março, determinadas pelo IQD.

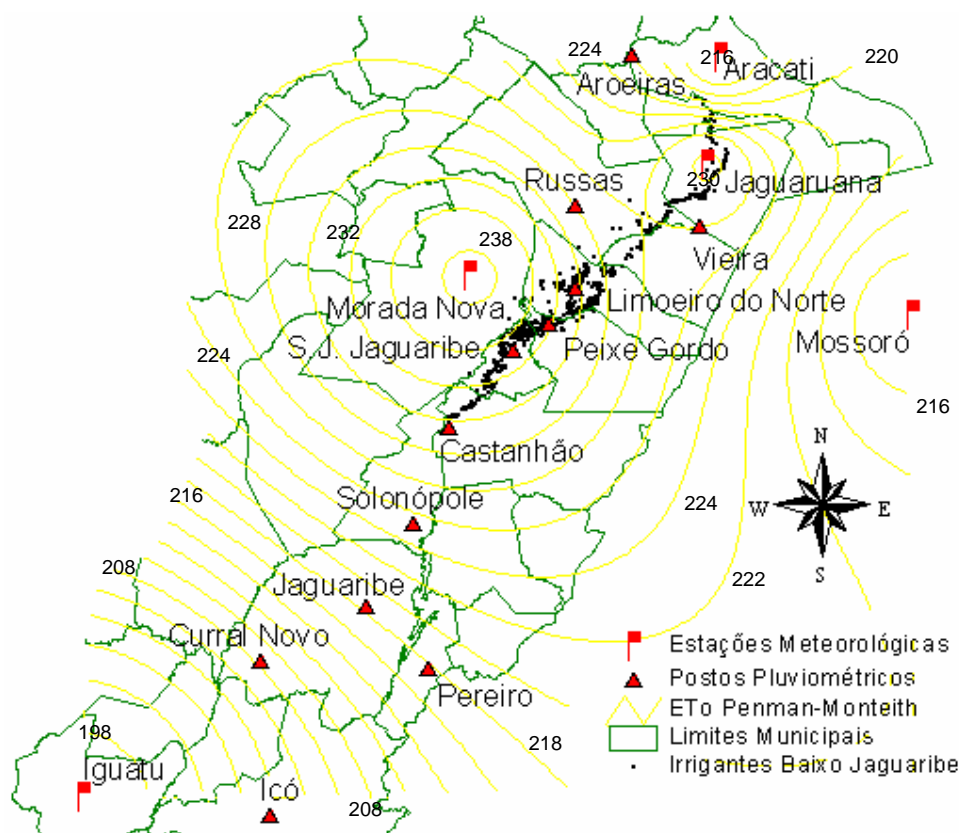


FIGURA 8 – Isolinhas de ETo média do mês de outubro, calculadas por Penman-Monteith e determinadas pelo método IQD.

Através da metodologia proposta, a estimativa da média por município é obtida através da média dos valores estimados por interpolação para as áreas irrigadas do respectivo município. Desta forma, além de considerar os valores estimados de todas as estações da região, com a interpolação, foram obtidos resultados individualizados para cada município.

Na TABELA 13 e na TABELA 14 apresentam-se, respectivamente, as estimativas das médias mensais de Pef e ETo (Penman-Monteith/FAO), por município, determinadas através da média dos valores interpolados (método do IQD) para cada área irrigada dos respectivos municípios.

TABELA 13 – Pef (USDA-SCS) por município, estimada com base na média dos valores interpolados (IQD) para as áreas irrigadas.

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Alto Santo	59,2	92,1	134,9	124,0	83,3	43,2	22,0	5,8	2,4	2,3	3,0	19,5	591,6
Aracati	60,1	96,3	133,1	124,2	80,3	39,7	19,5	5,0	2,4	2,2	3,3	18,1	584,0
Itaiçaba	61,4	92,9	131,4	120,6	82,3	42,7	17,0	6,0	2,0	2,0	2,6	16,7	577,7
Jaguetama	56,7	90,2	133,0	130,9	94,5	44,7	21,5	4,6	3,6	1,4	2,5	16,6	600,1
Jaguaruana	60,3	92,3	132,0	121,8	83,6	43,0	18,2	5,9	2,2	2,0	2,7	17,1	581,0
Limoeiro do Norte	59,3	93,9	132,4	123,6	84,4	42,1	18,0	5,3	2,3	1,9	2,9	16,4	582,5
Morada Nova	66,6	90,1	130,2	116,1	80,4	44,5	15,2	7,3	1,6	2,1	2,2	17,4	573,8
Quixeré	58,9	91,8	132,7	125,1	87,4	43,5	19,0	5,3	2,6	1,7	2,6	16,4	586,9
Russas	57,8	93,3	133,4	124,4	85,6	42,6	19,0	5,2	2,4	1,9	2,9	16,5	585,1
S. J. do Jaguaribe	61,9	91,8	132,0	119,7	82,0	43,0	18,0	5,9	1,8	2,1	2,6	17,5	578,4
Tabuleiro do Norte	65,5	89,2	128,5	114,5	79,7	46,0	14,2	8,4	1,5	2,1	1,8	17,1	568,4

TABELA 14 – ETo (Penman-Monteith/FAO) por município, estimada com base nos valores interpolados (IQD) para as áreas irrigadas.

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Alto Santo	199,9	153,9	146,2	133,4	136,1	137,1	163,4	195,9	214,3	232,1	218,2	211,2	2.141,8
Aracati	200,9	154,6	147,1	133,8	136,7	137,0	164,1	196,3	214,7	232,0	218,0	211,9	2.147,2
Itaiçaba	200,4	154,5	147,0	134,1	136,6	137,3	164,0	196,5	214,6	232,3	217,9	211,0	2.146,2
Jaguetama	192,7	151,3	142,6	131,8	132,3	135,6	162,8	197,5	210,5	228,3	209,1	198,3	2.092,8
Jaguaruana	199,5	153,9	146,2	133,6	136,0	137,2	163,5	196,2	214,2	232,1	217,6	210,2	2.140,1
Limoeiro do Norte	198,4	153,7	145,9	133,5	135,5	136,7	163,9	196,9	213,4	231,0	215,1	207,4	2.131,6
Morada Nova	206,3	157,0	150,3	136,1	140,0	139,4	164,3	195,4	217,9	236,4	226,1	221,2	2.190,5
Quixeré	197,0	153,0	144,9	132,9	134,6	136,5	163,3	196,8	212,8	230,6	214,3	205,6	2.122,3
Russas	198,0	153,4	145,6	133,4	135,3	136,9	163,5	196,7	213,3	231,2	215,5	207,2	2.129,9
S. J. do Jaguaribe	201,5	154,8	147,4	134,3	137,2	137,7	163,9	196,1	215,2	233,1	219,7	213,1	2.154,1
Tabuleiro do Norte	201,7	155,0	147,6	134,3	137,2	137,5	164,1	196,2	215,3	232,9	219,4	213,2	2.154,5

Comparando os totais anuais médios de Pef estimados através dos dados dos postos pluviométricos eventualmente existentes nos municípios (TABELA 12) com os estimados com base na interpolação em função da localização geográfica das áreas irrigadas do mesmo município (TABELA 13), observa-se a redução dos valores para os municípios de Aracati (13%), Russas (8%) e Morada Nova (3%) como resultado da interpolação com os valores mais reduzidos dos postos situados nos municípios de Jaguaruana, Limoeiro do Norte e São João do Jaguaribe, os quais apresentaram uma ligeira elevação nos resultados.

Com relação à ETo, comparando os totais anuais médios estimados através dos dados das estações meteorológicas (TABELA 5) com os estimados por interpolação (TABELA 14), observa-se um incremento da ordem de 2% nos municípios de Aracati e Jaguaruana em decorrência da interpolação com o valor mais elevado da estação de Morada Nova.

Ressalte-se que os valores de Pef e ETo estimados por município através da metodologia ora empregada, baseiam-se na localização das áreas irrigadas a partir do rio Jaguaribe nos respectivos municípios. Desta forma, para o município de

Morada Nova, por exemplo, os valores estimados correspondem às condições da região leste do município, junto ao rio Jaguaribe, distante cerca de 50 km da estação meteorológica do município.

Na TABELA 15 apresenta-se a comparação entre os valores de Pef do mês de março, correspondente ao de maiores índices, estimados com os dados dos postos (USDA-SCS) e pela média dos valores interpolados (IQD) para as áreas irrigadas do mesmo município.

TABELA 15 – Comparação entre os valores de Pef do mês de março estimados com os dados dos postos e pela média dos valores interpolados (IQD), para as áreas irrigadas do mesmo município.

Município	Estação / Posto	Pef Média MARÇO		Diferença (%)
		(mm.mês ⁻¹)		
		Estação / Posto	Média da Interpolação	
Alto Santo	Castanhão	140,7	134,9	4,1%
S.J. Jaguaribe	S.J. Jaguaribe	132,6	132,0	0,5%
Morada Nova	Morada Nova	135,5	130,2	3,9%
Tabuleiro Norte	Peixe Gordo	123,8	128,5	-3,8%
Limoeiro Norte	Limoeiro Norte	130,4	132,4	-1,5%
Quixeré	Vieira	127,3	132,7	-4,2%
Russas	Russas	146,6	133,4	9,0%
Jaguaruana	Jaguaruana	139,9	132,0	5,6%
Itaiçaba	-	-	131,4	-
Aracati	Aracati	146,7	133,1	9,3%

As maiores variações de Pef ocorreram no triângulo formado pelas estações de Aracati, Vieira e Russas, incluindo ainda a estação de Jaguaruana. Os postos de Aracati e Russas apresentaram as maiores Pef (147 mm) enquanto que o posto de Vieira foi bastante inferior (127 mm). A interpolação para as áreas irrigadas situadas nestes municípios resultou numa altura de Pef praticamente igual para todos estes municípios (133 mm). O município de Itaiçaba não dispõe de posto pluviométrico.

A TABELA 16 apresenta a comparação entre os valores de ETo (Penman-Monteith/FAO) do mês de outubro, correspondente ao de maiores índices, estimados com os dados das estações e pela média dos valores interpolados (IQD) para as áreas irrigadas do mesmo município.

TABELA 16 – Comparação entre os valores de ETo do mês de outubro estimados com os dados das estações e pela média dos valores interpolados (IQD), para as áreas irrigadas do mesmo município.

Município	ETo média de outubro (mm.mês ⁻¹)		Diferença (%)
	Média da estação	Média da Interpolação	
Morada Nova	238,4	236,4	0,8%
Jaguaruana	230,3	232,1	- 0,8%
Aracati	214,2	232,1	- 8,4%

Nota-se a pressão dos valores mais elevados de ETo verificada no interior do Estado (estações de Morada Nova e Jaguaruana) sobre as interpolações para as áreas irrigadas do município de Aracati, todas elas situadas ao sul da estação meteorológica provocando neste município, uma elevação significativa do valor obtido através da média das interpolações das áreas irrigadas (232 mm) em relação ao estimado para estação meteorológica (214 mm).

4.3 Coeficientes de Cultivo (Kc)

A TABELA 17 apresenta o banco de dados com valores de Kc contendo as durações dos estádios e Kc dos estádios inicial, intermediário e final das culturas identificadas na região do Baixo Jaguaribe, adaptadas à metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1992).

TABELA 17 – Banco de dados com a duração dos estádios e valores de Kc das culturas identificadas na região do Baixo Jaguaribe, adaptadas à metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1992).

CULTURA	Estádio da Cultura, Duração e Kc							Referência Bibliográfica	
	Inicial		Desenvolvimento	Intermediário		Final			Único
	Duração	Kc	Duração	Duração	Kc	Duração	Kc		Kc
AÇAÍ								1,00	(RAMOS, 2002)
ACEROLA	30	0,73	30	60	1,00	60	1,39		(MARTINS NETO, 1997)
ALGODÃO	20	0,40	40	50	1,05	40	0,65		(DOORENBOS; KASSAM, 1979)
ARROZ	30	1,05	30	60	1,20	30	0,60		(ALLEN et al., 1998)
ATEMÓIA								0,90	(SILVA, 2003)
BANANA	90	1,00	90	45	1,20	30	1,00		(ALLEN et al., 1998)
CAJU								0,65	(após o 5º ano) (OLIVEIRA et al., 2003)
CANA	30	0,40	60	180	1,25	95	0,75		(ALLEN et al., 1998)
CAPIM / PASTO								0,75	(ALLEN et al., 1998)
CEBOLA	15	0,70	25	70	1,05	40	0,75		(ALLEN et al., 1998)
CITROS (c/ invas)		0,85; 0,85; 0,80; 0,80; 0,80; 0,75; 0,75; 0,80; 0,80; 0,80; 0,80; 0,85						0,80	(ALLEN et al., 1998)
COCO		0,95			1,00		1,00		(ALLEN et al., 1998)
FEIJÃO	15	0,40	25	25	1,15	10	0,35		(ALLEN et al., 1998)
FIGO								1,00	(HERNANDEZ, 2004)
FORRAGEM		0,40			1,25		0,75		(ALLEN et al., 1998)
GOIABA								0,63	(FERREIRA, 2004)
GRAVIOLA								0,90	(SILVA, 2003)
HORTALIÇAS								1,00	(ALLEN et al., 1998)
MAMÃO		0,64	107	260	1,16	380	1,19		(MONTENEGRO, 2002)
MANDIOCA	30	0,30	40	110	1,10	60	0,50		(ALLEN et al., 1998)
MANGA								0,71	(AZEVEDO; SILVA; SILVA, 2003)
MARACUJÁ								0,69	(ALENCAR, 2000)
MELANCIA	23	0,41	13	19	1,36	15	0,71		(OLIVEIRA, 1999)
MELÃO	22	0,21	19	23	1,21	10	0,98		(DIAS, 2001)
MILHO	8	0,49	35	33	1,06	29	0,6		(AZEVEDO, 1993)
ORNAMENTAIS								1,00	(Kc horticultura)
PIMENTA	30	0,60	40	40	1,05	20	0,90		(ALLEN et al., 1998)
PIMENTÃO	20	0,40	30	40	1,00	30	0,80		(MAGALHÃES, 1982)
PINHA								0,90	(SILVA, 2003)
QUIABO	30	0,50	30	90	1,00	30	0,30		(PAES et al., 2003)
SAPOTA/SAPOTI								0,71	(Kc da manga)
SOJA	20	0,40	30	50	1,15	20	0,5		(DOORENBOS; KASSAM, 1979)
SORGO	20	0,40	30	60	1,10	10	0,55		(ALLEN et al., 1998)
TOMATE	30	0,50	40	45	1,15	30	0,80		(ALLEN et al., 1998)
UVA	20	0,6	60	95	1,15	117	0,6		(TEIXEIRA et al., 1999)

4.4 Necessidade de irrigação

No APÊNDICE A são apresentadas as lâminas líquidas de irrigação necessárias por mês e por ano para as 19 culturas semiperenes e perenes identificadas em cada município da região do Baixo Jaguaribe, com base nas Pef (TABELA 13) e ETo (TABELA 14), estimadas segundo a metodologia proposta neste estudo e do Kc médio da cultura (TABELA 17).

Na TABELA 18 e na FIGURA 9 são apresentadas as lâminas líquidas de irrigação necessárias por ano para as culturas semiperenes e perenes, considerando a média dos municípios analisados neste estudo.

TABELA 18 – Lâminas líquidas de irrigação anuais (em mm) para as culturas semiperenes e perenes, considerando a média dos municípios analisados neste estudo.

Cultura	L. Líquida (mm.ano ⁻¹)	Cultura	L. Líquida (mm.ano ⁻¹)
Açaí	1.565	Forragem	1.634
Acerola	1.663	Goiaba	990
Atemóia, Graviola e Pinha	1.409	Hortalças	1.565
Banana	1.565	Mamão	1.760
Caju	1.017	Manga	1.111
Cana	1.634	Maracujá	1.080
Capim	1.174	Plantas Ornamentais=,	1.565
Citros	1.259	Sapota / Sapoti	1.111
Coco	1.565	Uva	1.378
Figo	1.565		

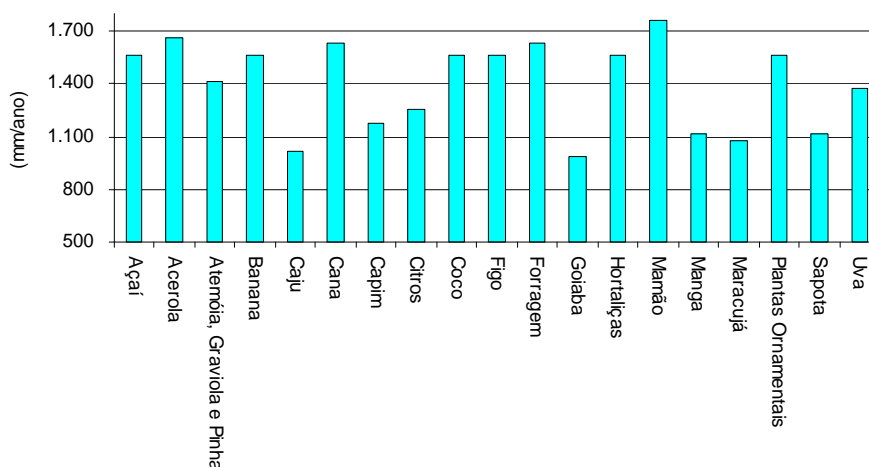


FIGURA 9 – Lâminas líquidas de irrigação anuais (em mm) para as culturas perenes, considerando a média dos municípios analisados neste estudo.

Para as culturas temporárias, também com base nas Pef (TABELA 13) e ETo (TABELA 14) estimadas para cada município da região do Baixo Jaguaribe, segundo a metodologia proposta neste estudo e utilizando os Kcs obtidos para períodos semanais, como descrito no item 3.3, foram determinadas as demandas hídricas em função do mês de plantio para cada município, conforme tabelas e gráficos apresentados no APÊNDICE B.

Na TABELA 19 são apresentadas as lâminas líquidas de irrigação necessárias por ano para as culturas temporárias considerando a média dos municípios analisados neste estudo.

TABELA 19 – Lâminas líquidas de irrigação (em mm) por ciclo de produção das culturas temporárias, em função do mês de plantio e médias entre os municípios analisados.

Cultura	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Algodão	101,3	171,2	296,6	467,9	609,7	754,1	814,3	809,5	700,9	555,3	381,4	175,5
Arroz	309,9	303,2	396,0	605,6	786,5	975,1	1.063,2	1.080,6	983,5	831,2	634,9	407,2
Cebola	196,0	210,0	326,8	521,7	681,6	853,0	925,8	932,4	829,2	672,9	484,0	280,1
Feijão	72,3	27,0	47,1	112,8	191,5	297,5	371,5	416,7	425,3	395,7	321,8	192,6
Mandioca	568,4	754,5	946,6	1.135,8	1.222,9	1.227,2	1.153,8	1.054,6	767,5	595,5	492,3	440,3
Melancia	102,3	53,4	70,6	136,6	207,9	310,7	387,3	435,5	449,7	418,7	353,8	224,2
Melão	64,2	39,5	73,1	141,7	218,3	314,9	381,9	423,5	423,6	391,5	317,9	172,7
Milho	95,2	46,3	114,1	238,3	354,4	500,8	588,1	633,1	617,5	540,0	412,7	227,9
Pimenta	111,8	139,8	247,7	402,0	545,1	707,1	783,2	795,9	725,2	592,9	412,1	202,3
Pimentão	54,5	81,6	168,3	301,3	421,9	561,2	638,6	662,7	615,1	514,6	365,8	161,9
Quiabo	201,9	304,9	460,2	651,0	797,8	932,0	957,6	910,9	754,4	574,0	389,1	226,6
Soja	84,3	100,8	188,7	329,8	458,3	604,0	685,4	709,7	658,6	562,0	419,1	210,8
Sorgo	84,1	104,0	189,8	328,1	454,1	600,2	682,4	708,3	659,0	559,2	413,6	203,3
Tomate	149,7	211,9	337,2	511,4	658,4	817,8	880,8	876,8	765,9	609,6	421,5	220,4

Considerando as médias mensais entre os municípios.

Ressalte-se que as lâminas apresentadas na TABELA 18 e na TABELA 19 correspondem às lâminas líquidas de irrigação a serem majoradas em função da eficiência do sistema de irrigação utilizado. Destaca-se, também, a diferença das lâminas necessárias para culturas semiperenes ou perenes e temporárias. Para análise destas variáveis serão comparadas as duas culturas com maior área explorada na bacia, arroz e banana, com base nos parâmetros apresentados na TABELA 20, considerando duas safras de arroz por ano, com plantios em fevereiro e agosto.

TABELA 20 – Parâmetros da irrigação das culturas de banana e arroz.

Descrição	BANANA	ARROZ			
		Textura Pesada		Textura Leve	
		Fevereiro	Agosto	Fevereiro	Agosto
Lâmina líquida (mm.ano ⁻¹)	1.565	303	1.081	303	1.081
Sistema de Irrigação	Microaspersão	Inundação			
Eficiência de irrigação	71%	62%		29%	
Lâmina bruta (mm.ano ⁻¹)	2.204	2.232		4.772	

Métodos de irrigação mais utilizados para cada cultura (TABELA 11)

Eficiências de irrigação conforme TABELA 7, Cenário A.

Conforme resultados apresentados na TABELA 20, o volume de água necessário para duas safras por ano da cultura de arroz, irrigada por inundação e

em solo de textura pesada é praticamente a mesma demandada por ano para a cultura da banana irrigada por microaspersão. Quanto ao plantio de arroz irrigado por inundação em solo de textura leve, em função da baixa eficiência de irrigação, a demanda de água estimada para as mesmas duas safras é superior ao dobro da necessária para o arroz em solo de textura pesada e, também, para a banana.

Conforme observado nos resultados obtidos, as demandas de água para atendimento das necessidades de irrigação variam consideravelmente em função das culturas, época de plantio e eficiência de irrigação e, ainda, em menor proporção, com o local de plantio dentro da bacia hidrográfica. A estimativa das necessidades de irrigação das culturas a partir de normais climatológicas fornece subsídios para concessão de outorgas de direito de uso de água mais apropriadas.

Embora as estimativas das necessidades de irrigação possam contribuir com o objetivo da melhoria da eficiência de uso da água, o manejo da irrigação deve ser baseado nas condições climáticas efetivas da época de exploração da cultura.

4.5 Demanda de água para irrigação no Baixo Jaguaribe e vazões contínuas necessárias para atendimento

Na TABELA 21 apresentam-se as demandas semanais de água para irrigação, por município e total para região do Baixo Jaguaribe, determinadas a partir do levantamento das áreas plantadas, épocas de plantio, lâminas líquidas calculadas segundo a metodologia proposta neste estudo, sistemas de irrigação e respectivas *Eficiências de Aplicação* (E_a), constatadas em estudos citados na revisão de literatura, e *Eficiência de Condução* (E_c) de 90%. As eficiências de irrigação utilizadas na estimativa correspondem ao Cenário A da TABELA 7, considerada como a situação vigente na região.

A partir do somatório das demandas semanais, por município, foram determinadas as vazões contínuas necessárias ao atendimento em cada semana do ano (TABELA 21 e FIGURA 10).

TABELA 21 – Demandas semanais de água para irrigação por município e total para região do Baixo Jaguaribe (em $1.000 \text{ m}^3 \cdot \text{semana}^{-1}$) e vazão contínua necessária no rio (em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) para atendimento.

Semana	Alto Santo	São João Jaguaribe	Tabuleiro do Norte	Morada Nova	Município Limoeiro do Norte	Quixeré	Russas	Jaguaruana	Itaiçaba	Total / Semana	Vazão Contínua ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
1	13,6	45,6	95,3	0,0	570,7	5,2	201,4	189,8	158,5	1.280	2,12

2	12,2	0,4	0,0	0,0	440,6	0,0	163,9	173,1	158,5	949	1,57
3	12,2	0,4	0,0	0,0	457,6	0,0	148,1	167,1	158,5	944	1,56
4	12,2	0,3	0,0	0,0	468,9	0,0	134,2	158,9	158,5	933	1,54
5	9,3	0,1	0,0	0,0	327,2	0,0	79,1	97,4	78,9	592	0,98
6	7,1	0,1	0,0	0,0	221,1	0,0	37,6	52,5	19,2	337	0,56
7	7,1	0,1	0,0	0,0	225,5	0,0	34,5	60,5	19,2	347	0,57
8	7,1	0,2	0,0	0,0	231,2	0,0	30,6	62,3	19,2	351	0,58
9	4,8	0,2	0,0	0,0	129,0	0,0	11,9	26,2	0,0	172	0,28
10	3,1	0,1	0,0	0,0	49,9	0,0	4,2	12,9	0,0	70	0,12
11	3,1	0,1	0,0	0,0	50,4	0,0	4,3	13,3	0,0	71	0,12
12	3,1	0,0	0,0	0,0	51,9	0,0	4,3	13,6	0,0	73	0,12
13	3,0	0,0	0,0	0,0	50,7	0,0	4,3	13,7	0,0	72	0,12
14	2,8	0,0	0,0	0,0	36,8	0,0	3,5	12,8	0,0	56	0,09
15	2,8	0,0	0,0	0,0	36,6	0,0	3,5	14,3	0,0	57	0,09
16	2,8	6,5	0,0	0,0	38,0	0,0	3,6	17,7	0,0	69	0,11
17	2,8	6,5	0,0	0,0	38,8	0,0	3,6	18,0	0,0	70	0,12
18	5,2	16,6	0,0	0,0	158,6	0,0	14,7	47,0	1,6	244	0,40
19	5,5	20,3	0,0	0,0	177,9	0,0	16,4	50,3	15,1	286	0,47
20	5,2	24,2	0,0	0,0	176,7	0,0	16,4	47,4	15,1	285	0,47
21	4,9	28,1	0,0	0,0	181,1	0,0	16,4	46,5	15,1	292	0,48
22	5,8	40,1	0,0	0,0	266,5	0,0	23,9	75,7	56,1	468	0,77
23	7,1	52,1	0,0	0,0	403,6	0,0	33,9	118,6	110,9	726	1,20
24	6,7	53,2	0,0	0,0	419,0	0,0	33,7	118,8	110,9	742	1,23
25	6,4	46,4	0,0	0,0	465,2	0,0	33,7	120,3	110,9	783	1,29
26	6,4	41,4	0,0	0,0	517,4	0,0	36,0	130,6	124,6	856	1,42
27	8,4	53,6	0,0	0,0	776,7	0,0	50,9	192,5	210,5	1.293	2,14
28	8,0	53,7	0,0	0,0	805,0	0,0	50,1	187,4	220,0	1.324	2,19
29	7,6	60,2	0,0	0,0	900,6	3,6	53,2	187,7	229,4	1.442	2,38
30	7,2	60,2	0,0	0,0	931,7	3,8	53,6	182,7	238,8	1.478	2,44
31	8,7	75,8	0,0	2,1	1.203,4	12,1	68,5	225,3	309,3	1.905	3,15
32	62,2	251,1	33,8	2,2	1.453,6	15,5	93,6	250,6	333,8	2.497	4,13
33	95,7	475,2	383,4	2,2	1.971,7	37,6	215,8	299,1	333,8	3.815	6,31
34	95,7	469,2	384,3	2,2	1.987,9	39,8	216,8	303,7	328,7	3.828	6,33
35	113,0	515,9	407,0	2,3	2.092,3	43,6	228,3	318,8	338,8	4.060	6,71
36	141,2	599,8	459,9	2,6	2.303,8	49,1	251,6	354,2	327,3	4.490	7,42
37	158,0	600,6	473,5	2,6	2.245,7	50,3	257,0	352,7	327,3	4.468	7,39
38	174,8	633,0	487,1	2,6	2.327,0	49,0	400,9	419,3	327,5	4.821	7,97
39	191,5	665,0	500,7	2,6	2.343,0	45,5	401,8	410,9	327,5	4.889	8,08
40	204,1	696,3	533,6	2,8	2.378,9	45,4	434,1	442,4	343,5	5.081	8,40
41	205,5	700,9	543,7	2,8	2.317,3	45,5	452,5	461,4	343,5	5.073	8,39
42	168,2	612,5	546,4	2,8	2.233,4	44,1	516,2	477,4	343,5	4.945	8,18
43	130,9	519,6	539,1	2,8	2.167,3	41,6	529,4	497,7	343,5	4.772	7,89
44	97,5	431,6	523,8	2,7	1.980,2	37,2	532,9	505,5	336,3	4.448	7,35
45	97,3	425,6	516,7	2,7	1.892,0	36,1	530,1	499,3	331,1	4.331	7,16
46	98,5	424,1	515,5	2,7	1.761,9	35,4	536,5	506,4	331,1	4.212	6,96
47	98,5	423,3	514,2	2,7	1.742,4	34,2	510,7	460,9	330,9	4.118	6,81
48	82,8	373,8	457,6	2,4	1.476,0	28,7	427,8	360,1	283,9	3.493	5,78
Sem ana	Alto Santo	São João Jaguaribe	Tabuleiro do Norte	Morada Nova	Município Limoeiro do Norte	Quixeré	Russas	Jaguarua na	Itaiçaba	Total / Semana	Vazão Contínua (m3.s ⁻¹)
49	77,9	361,2	446,3	2,4	1.408,2	26,8	393,2	303,9	277,2	3.297	5,45
50	72,2	330,0	390,2	2,4	1.273,9	23,2	375,1	300,6	277,2	3.045	5,03
51	71,7	305,5	335,3	2,4	1.221,9	20,5	351,3	297,7	277,2	2.883	4,77
52	71,1	279,8	280,4	2,4	1.145,6	17,6	326,4	290,3	277,2	2.691	4,45

(1) as demandas de Beberibe, atendidas através do Canal do Trabalhador, estão inclusas em Itaiçaba.

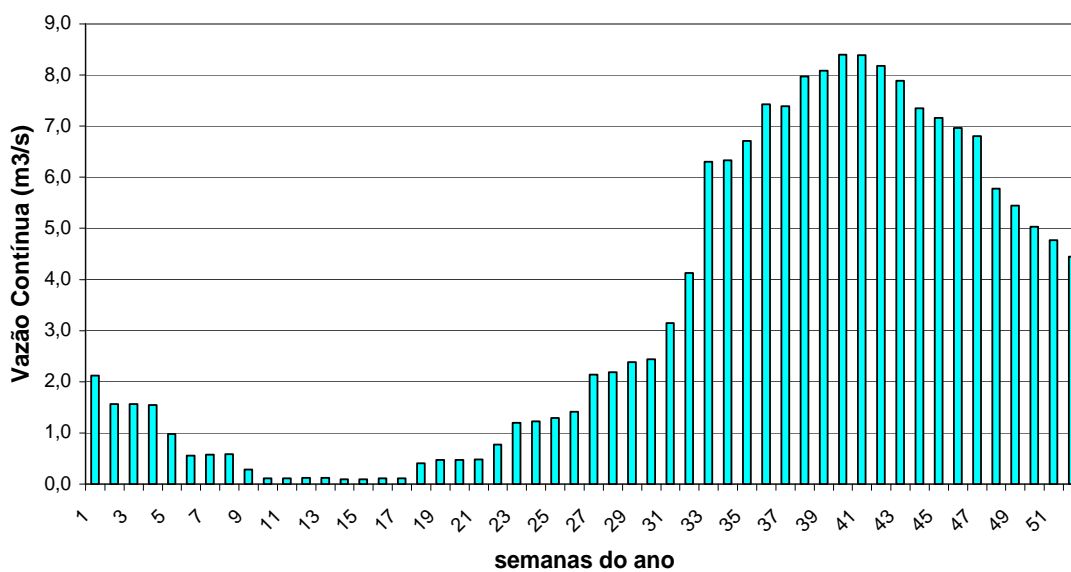


FIGURA 10 – Vazões contínuas necessárias ao atendimento da demanda de irrigação em cada semana do ano.

Conforme demonstrado na TABELA 21 e na FIGURA 10, a demanda anual de água para irrigação na bacia do Baixo Jaguaribe corresponde a 103,8 milhões de metros cúbicos, variando de menos de 73 mil m^3 por semana durante os meses de março e abril, devido à maior concentração de chuva, a mais de 5 milhões m^3 por semana no mês de outubro, que corresponde também ao mês de máxima demanda evapotranspirativa. De forma patente, a vazão contínua necessária no rio para atendimento da demanda acompanha a flutuação desta, atingindo a $8,40 m^3 \cdot s^{-1}$ no mês de outubro.

Na FIGURA 11 são apresentadas as vazões do rio Jaguaribe no período de 1997 a 2004, em função da regularização proporcionada pelo açude Orós, no período de janeiro de 1997 até 22 de agosto de 2002, e pelo açude Castanhão, a partir de 22 de agosto de 2002, conforme dados de CEARÁ (2005a).

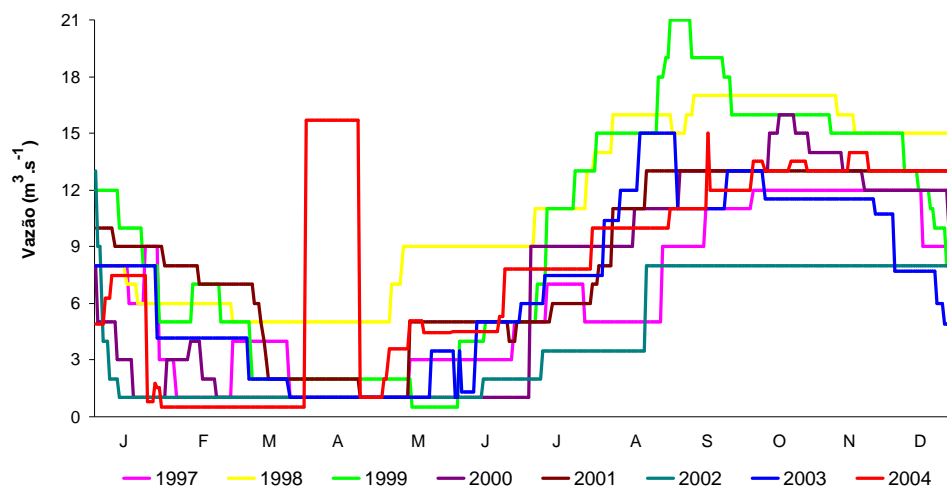


FIGURA 11 – Vazões no rio Jaguaribe regularizadas pelos açudes Orós (de 01/01/97 até 21/08/2002) e Castanhão (de 22/08/02 até 31/12/2004).

Embora não tenham sido computadas as contribuições dos afluentes, observa-se na FIGURA 11 que o regime de vazão do rio Jaguaribe, a jusante dos açudes Orós e Castanhão, estabelecido pela regularização destes açudes, acompanha a variação das vazões necessárias ao atendimento da demanda de irrigação, conforme apresentado na FIGURA 10. Observa-se que, durante o mês de abril de 2004, houve um desvio em relação a regra dos demais anos, ocorrendo a liberação no açude Castanhão de uma vazão bastante elevada para este período ($15.700 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$), em função do nível de água atingido no açude devido a intensidade das chuvas ocorridas a época em toda bacia hidrográfica.

Com exceção do ano de 2002, quando ocorreu a redução da vazão regularizada do rio Jaguaribe em decorrência nos níveis reduzidos de água nos reservatórios da bacia, durante o período de 1997 a 2004 a vazão média liberada durante o mês de outubro, correspondendo ao de máxima demanda hídrica para irrigação, foi de $13,9 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. A vazão média estimada neste estudo necessária ao atendimento da demanda de irrigação no mesmo mês foi de $8,13 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, correspondendo ao percentual de 58% da vazão total liberada.

Na FIGURA 12 são apresentados os volumes de água liberados anualmente no rio Jaguaribe, nos anos de 1997 a 2004, com base na totalização das vazões regularizadas dos açudes Orós e Castanhão, conforme dados de CEARÁ (2005a).

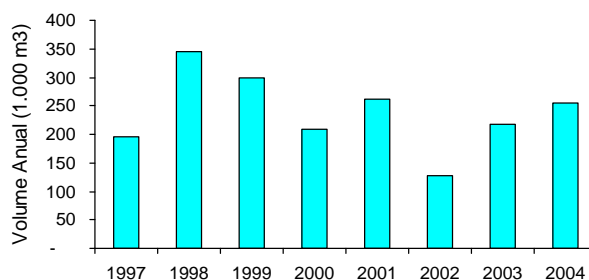


FIGURA 12 – Volumes de água liberados por ano no rio Jaguaribe pelos açudes Orós (de 01/01/97 até 21/08/2002) e Castanhão (de 22/08/02 até 31/12/04).

Comparando-se os volumes de água liberados nos anos de 1997 a 2004, excluindo o ano de 2002, com a demanda anual para irrigação estimada neste estudo, de 103,8 milhões de metros cúbicos, verifica-se a participação da irrigação em relação a totalidade dos usos de água variando entre 30%, no ano de 1998 e 53%, em 1997. Esta faixa percentual guarda uma certa consonância com a participação de 47% do volume de água do rio Jaguaribe utilizado para irrigação, considerando o abastecimento da região metropolitana de Fortaleza, através do Canal do Trabalhador, conforme previsto por Ceará (2000).

4.6 Impacto da variação da eficiência de irrigação na demanda de água na bacia do Baixo Jaguaribe

Na TABELA 22 são apresentadas as demandas de água anual e a vazão contínua máxima necessária no rio para atendimento nos cinco cenários previstos em função da variação da E_a , métodos e sistemas de irrigação, e culturas. Na tabela também são apresentadas as reduções, em termos percentuais, dos Cenários B, C, D e E em relação à situação vigente prevista (Cenário A).

TABELA 22 – Demanda anual de água, vazão contínua máxima e comparação entre estes resultados para os cenários previstos.

Cenário	Demanda de água anual (milhões m ³)	Redução do volume demandado em relação à situação atual prevista (%)	Vazão contínua máxima (m ³ .s ⁻¹)	Redução da vazão máxima em relação à situação atual prevista (%)
A	103,8	-	8,40	-
B	90,1	13,2%	7,31	13,0%
C	88,3	14,9%	7,17	14,6%
D	86,5	16,7%	6,97	17,0%
E	84,3	18,8%	6,12	27,1%

Os resultados apresentados na TABELA 22 demonstram que, mantidas as mesmas culturas e métodos de irrigação, há potencial de redução de 13% do volume de água utilizado para irrigação no Baixo Jaguaribe, em função da elevação das eficiências de irrigação.

Com o aumento das eficiências de aplicação e condução que seriam obtidas com a substituição dos métodos de irrigação por superfície por: i) microaspersão, em 307 ha de fruticultura semiperene e perene; e ii) aspersão, em 655 ha das demais culturas, exceto arroz; conforme previsto no Cenário D, a redução do volume de água demandado seria da ordem de 17 milhões de metros cúbicos por ano.

Já com a substituição dos 1.346 ha de arroz cultivados anualmente com irrigação por superfície pela cultura da banana irrigada por microaspersão, conforme previsto no Cenário E, de forma cumulativa com os cenários anteriores, o volume de água demandado sofreria redução de 19% em relação ao atual, mesmo havendo um uso mais intensivo do solo pela substituição de uma cultura temporária por uma semiperene.

4.7 Determinação das faixas de área por cultura para enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado

Na TABELA 23 apresentam-se os parâmetros considerados e as faixas de área das culturas de arroz, feijão e banana enquadradas nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação. Tendo em vista que a tarifação prevista no referido Decreto é feita com base no consumo mensal de água, foram calculados consumos médios mensais dividindo-se a demanda total de água por ciclo produtivo, no caso

das culturas temporárias, pelo número de meses do ciclo. Para a banana, foi calculado o consumo médio mensal do ano.

TABELA 23 – Faixas de área das culturas arroz, feijão e banana enquadradas nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.

Cultura	Mês de maior plantio	Demanda Hídrica		Irrigação		Necessidade de Irrigação (m ³ /ha.mês)	Faixas de consumo para Tarifação (m ³ /mês)		Teto de área por faixa (ha)
		(mm/safra)	Média mês (mm/ano)	Método	Efic. (m ³ /ha.mês)				
Arroz	Agosto	1.081	2.161	Inundação	46%	4.698	-	< 1.441	0,3
							a	1.441 5.999	1,3
							b	6.000 11.999	2,6
							c	12.000 18.999	4,0
							d	19.000 46.999	10,0
							e	> 47.000	> 10,0
Feijão	Agosto	417	1.667	Aspersão	64%	2.605	-	< 1.441	0,6
							a	1.441 5.999	2,3
							b	6.000 11.999	4,6
							c	12.000 18.999	7,3
							d	19.000 46.999	18,0
							e	> 47.000	> 18,0
Banana	Semi-perene	1.565	1.304	Microasp.	71%	1.837	-	< 1.441	0,8
							a	1.441 5.999	3,3
							b	6.000 11.999	6,5
							c	12.000 18.999	10,3
							d	19.000 46.999	25,6
							e	> 47.000	> 25,6

Conforme se observa na TABELA 23, há uma grande variação das áreas enquadráveis em cada faixa de tarifação em função da cultura. A faixa isenta de cobrança beneficia áreas máximas de plantio de 0,3 ha, 0,6 ha e 0,8 ha, respectivamente, para arroz, feijão e banana. Já, o maior valor de tarifa (R\$ 8,00 /1.000 m³) incide sobre plantios com áreas acima de 10 ha, 18 ha e 25,6 ha, respectivamente, para as mesmas culturas.

Na FIGURA 13, FIGURA 14 e FIGURA 15 apresentam-se as distribuições das quantidades de áreas de produção e o total da área cultivada enquadrada em cada faixa de tarifação para as culturas de arroz, feijão e banana, respectivamente, para avaliação do efeito da cobrança frente à estrutura produtiva da bacia do Baixo Jaguaribe.

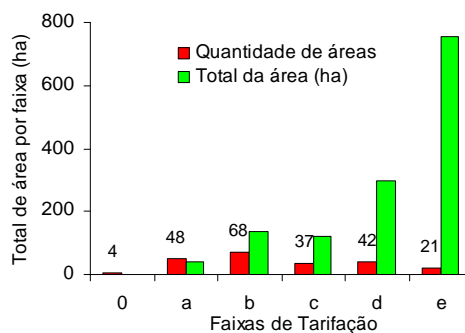


FIGURA 13 – Distribuição das áreas de plantio de arroz em função do enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.

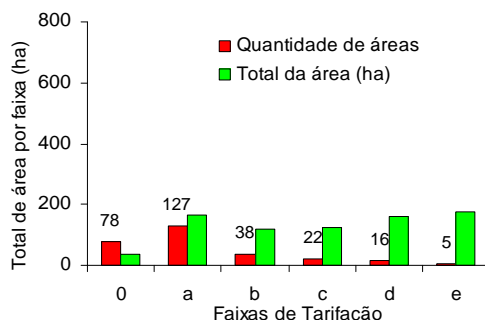


FIGURA 14 – Distribuição das áreas de plantio de feijão em função do enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.

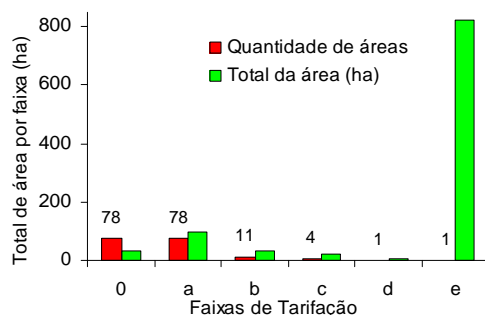


FIGURA 15 – Distribuição das áreas de plantio de banana em função do enquadramento nas faixas de tarifação de cobrança de água para irrigação vigente no Estado.

Nas culturas de arroz e banana, a maior concentração de área plantada enquadra-se na faixa “e” de tarifação para consumos de água acima de 47.000 m³ por mês. Nesta faixa, o arroz tem uma participação de 21 áreas produtivas totalizando 753 ha, que corresponde a 56% de toda área cultivada com arroz na bacia e representa uma área média de 36 ha por unidade produtiva enquadrada nesta faixa de tarifação.

Para a cultura de banana, 81% da área explorada enquadra-se na faixa “e”, com 825 ha, representada, no entanto, por um único usuário que é o Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi. Com esta observação, constata-se uma incoerência no sistema de cobrança no sentido que este montante de área, suprido por uma única captação de água no rio e, portanto, caracterizado como um único usuário para fins

de enquadramento nas faixas de tarifação, é composto por diversas unidades produtivas com áreas a partir de 4 ha, que isoladamente estariam enquadradas nas faixas inferiores de tarifa.

Na cultura de feijão observa-se uma distribuição mais eqüitativa do total das áreas enquadradas nas cinco faixas de tarifação, com um total em torno de 150 ha em cada faixa. Contudo, a quantidade de unidades produtivas em cada faixa reduz-se gradualmente, passando de 127 na faixa “a” para apenas cinco na faixa “e”. Com isto, a área média das unidades produtivas varia de 1,3 ha, na faixa “a”, a 36 ha na faixa “e”.

As áreas isentas de cobrança, por apresentarem consumos de água inferiores a 1.441 m³ mensais, apresentadas na TABELA 23, são inexpressivas na cultura de arroz, totalizando apenas 1,0 ha dividido em quatro unidades produtivas. Para as culturas de feijão e banana, embora em termos de área sejam também pouco representativas, apenas 5% e 3% dos totais, respectivamente, as áreas isentas de cobrança são significativas em relação à quantidade de áreas produtivas que se enquadram nesta faixa, ambas as culturas com 78 áreas, correspondendo a 27% do total da área de feijão e 45% de banana.

Na TABELA 24 apresentam-se os valores da cobrança pelo uso de recursos hídricos por hectare e por safra, para as culturas de arroz e feijão, e por ano para banana, segundo as faixas de tarifação e parâmetros apresentados na TABELA 23.

TABELA 24 – Valores da cobrança pelo uso de recursos hídricos por hectare e por safra, para as culturas de arroz e feijão, e por ano, para banana, segundo as faixas de tarifação.

Cultura	Faixas de Tarifação				
	a R\$ 2,50/mil m ³	b R\$ 5,60/mil m ³	c R\$ 6,50/mil m ³	d R\$ 7,00/mil m ³	e R\$ 8,00/mil m ³
Arroz	R\$ 58	R\$ 132	R\$ 153	R\$ 165	R\$ 188
Feijão	R\$ 16	R\$ 36	R\$ 42	R\$ 46	R\$ 52
Banana	R\$ 55	R\$ 123	R\$ 143	R\$ 154	R\$ 176

Na TABELA 25 apresenta-se o custo médio da água para irrigação por hectare e por safra para as culturas de arroz e feijão, e por ano para banana, em função dos parâmetros apresentados na TABELA 23 e distribuições das áreas de

produção por faixa de tarifação apresentadas na FIGURA 13, FIGURA 14 e FIGURA 15.

TABELA 25 – Custo médio da água para irrigação por hectare e por safra, para as culturas de arroz e feijão, e por ano, para banana e previsão da arrecadação anual com a cobrança no Baixo Jaguaribe.

Cultura	Custo médio da água por safra ou ano (R\$)	Arrecadação anual com a cobrança pelo uso da água (R\$)
Arroz	R\$ 170 /safra	R\$ 229.501
Feijão	R\$ 37 /safra	R\$ 28.714
Banana	R\$ 156 /safra	R\$ 159.384

O volume de água a ser utilizado na irrigação destas três culturas, que totalizam 3.326 ha, representando 44% da área cultivada sob irrigação na bacia, foi estimado em 59,3 milhões de metros cúbicos por ano, ou seja, 57% do total do consumo previsto para irrigação no Baixo Jaguaribe. A previsão da arrecadação anual com a cobrança pelo uso da água para irrigação com estas mesmas culturas é de R\$ 417.599, correspondendo a um valor médio de tarifa de R\$ 7,04 /1.000 m³.

Projetando-se este valor médio de tarifa para a demanda total de água estimada neste estudo, de 103,8 milhões de metros cúbicos por ano, obtém-se a previsão de arrecadação anual com a cobrança pelo uso de recursos hídricos para irrigação no Baixo Jaguaribe, de R\$ 730.900.

4.8 Impacto da cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos sobre o custo de produção, receita bruta e receita líquida dos produtos agrícolas

Com base nas necessidades de irrigação estimadas neste estudo, avaliou-se o impacto da cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos para irrigação sobre o custo de produção, faturamento bruto e rentabilidade dos principais produtos agrícolas produzidos na bacia do Baixo Jaguaribe, obtidos da TABELA 8, em relação a tarifação vigente no Estado, estipulada pelo Decreto nº 27.271/2003, conforme apresentado na TABELA 26.

TABELA 26 – Impacto da cobrança da água para irrigação sobre o custo de produção, receita bruta e receita líquida dos principais produtos agrícolas produzidos na bacia do Baixo Jaguaribe.

Produto Agrícola	Período de Análise	Necessidade de Irrigação (m ³ /ha)	Cobrança da água (R\$/ha)	Resultado R\$/ha	Impacto		
					Custo de Produção	Receita Bruta	Receita Líquida
Arroz (solo textura pesada)	5 meses	17.426	123	349	4,2%	3,8%	35,2%
Arroz (solo textura leve)	5 meses	37.057	261	349	9,0%	8,0%	74,8%
Banana Pacovan	6 anos	132.256	931	12.876	2,4%	1,8%	7,2%
Caju	10 anos	143.277	1.009	198.885	0,8%	0,3%	0,5%
Cana de açúcar	9 anos	322.508	2.270	10.716	11,1%	7,3%	21,2%
Coco Verde	10 anos	220.427	1.552	19.317	5,1%	3,1%	8,0%
Feijão	2,5 meses	6.512	46	630	3,1%	2,2%	7,3%
Goiaba Paluma	10 anos	139.420	982	82.856	1,6%	0,7%	1,2%
Graviola	10 anos	198.384	1.397	88.570	3,7%	1,1%	1,6%
Mamão Formosa	3 anos	74.346	523	17.344	2,7%	1,4%	3,0%
Manga	10 anos	156.503	1.102	305.225	1,5%	0,3%	0,4%
Maracujá	2 anos	33.746	238	3.964	1,9%	1,5%	6,0%
Melancia	2,3 meses	6.333	45	1.349	0,7%	0,6%	3,3%
Melão	2,5 meses	4.436	31	5.118	0,3%	0,2%	0,6%
Milho (grão)	3,5 meses	9.310	66	155	3,6%	3,3%	42,3%
Pimenta	4,3 meses	1.968	14	10.489	0,1%	0,1%	0,1%
Pimentão	4 meses	8.994	63	3.685	0,8%	0,5%	1,7%
Pinha / Ata	10 anos	198.384	1.397	126.428	2,4%	0,8%	1,1%
Tomate	5 meses	12.349	87	6.858	0,6%	0,4%	1,3%
Uva	10 anos	194.039	1.366	269.516	0,6%	0,3%	0,5%

Os volumes de água da necessidade de irrigação, assim como os custos de produção e faturamentos bruto utilizados nos cálculos dos impactos, consideram os períodos apresentados na TABELA 26, relativos aos ciclos de produção das culturas temporárias e semiperenes, e um período de 10 anos para as perenes.

Analisando os resultados da TABELA 26, constata-se que apenas as culturas de pimenta e melão apresentaram impacto da cobrança pelo uso da água nos custos de produção inferior a 0,5%, limite exigido pelos produtores agrícolas da bacia do rio Paraíba do Sul (SANTOS; KELMAN, 2003). Para as culturas de tomate, uva, melancia, pimentão e caju, os impactos foram também bastante reduzidos, sendo inferiores a 1%. Para a maioria das culturas analisadas, o impacto da cobrança sobre os custos de produção ficou na faixa de 1% a 5%, com exceção do arroz cultivado em solo de textura leve e da cana-de-açúcar, ambos irrigados por inundação, que atingiram 9% e 11%, respectivamente.

Considerando o critério de capacidade de pagamento pelo uso da água limitado a 1% do faturamento bruto do empreendedor (CP1), utilizado pelo CORHI¹⁴ (1997 apud ARAÚJO, 1998) e com base nas previsões de receitas brutas

(TABELA 8) e necessidades de irrigação (TABELA 26) das culturas, apresenta-se a seguir os valores de capacidade de pagamento pelo uso da água, em R\$/1.000 m³, para cada uma das culturas analisadas em ordem decrescente: pimenta (R\$ 124,47); melão (R\$ 38,40); uva (R\$ 24,97); manga (R\$ 24,21); caju (R\$ 22,50); tomate (R\$ 16,91); pimentão (R\$ 13,07); melancia (R\$ 11,75); goiaba (R\$ 10,31); pinha/ata (R\$ 9,29); graviola (R\$ 6,38); mamão (R\$ 4,91); maracujá (R\$ 4,80); banana (R\$ 3,86); feijão (R\$ 3,25); coco (R\$ 2,27); milho (R\$ 2,15); arroz em solo de textura pesada (R\$ 1,87); cana (R\$ 0,97); e arroz em solo de textura leve (R\$ 0,88). Com base nestes valores e de acordo com as faixas de tarifação vigentes, as culturas de pimenta, melão, uva, manga, caju, tomate, pimentão, melancia, goiaba e pinha proporcionam capacidade de pagamento para a maior tarifa (R\$ 8,00/1.000 m³). As culturas de graviola, mamão, maracujá, banana e feijão apresentam capacidade para pagamento apenas das tarifas inferiores. Já as capacidades de pagamento do coco, milho, arroz, e cana são inferiores ao valor da menor tarifa (R\$ 2,50/1.000 m³).

O terceiro critério utilizado para avaliação do impacto da cobrança de água foi em relação à receita líquida das explorações, correspondendo a diferença entre a receita bruta e o custo de produção, sendo, do ponto de vista de análise econômica, o critério de avaliação mais adequado. Assumindo a capacidade de pagamento limitada a 5% do resultado, conforme proposto por Araújo (1998) (CP2) e com base nas previsões de resultados (TABELA 8) e necessidades de irrigação (TABELA 26) das culturas, apresenta-se a seguir os valores de capacidade de pagamento pelo uso da água, em R\$/1.000 m³, para cada uma das culturas analisadas, em ordem decrescente: pimenta (R\$ 266,44); manga (R\$ 97,51) uva (R\$ 69,45); caju (R\$ 69,41); melão (R\$ 57,69); pinha/ata (R\$ 31,86); goiaba (R\$ 29,71); tomate (R\$ 27,77); graviola (R\$ 22,32); pimentão (R\$ 20,48); mamão (R\$ 11,66); melancia (R\$ 10,65); maracujá (R\$ 5,87); banana (R\$ 4,87); feijão (R\$ 4,84); coco (R\$ 4,38); cana (R\$ 1,66); arroz em solo de textura pesada (R\$ 1,00); milho (R\$ 0,83); e arroz em solo de textura leve (R\$ 0,47).

De forma geral, observa-se a elevação da capacidade de pagamento das culturas quando determinada em função da CP2 em comparação a CP1. Obteve-se também, através da CP2, a inclusão das culturas de graviola e mamão entre aquelas

¹⁴ CORHI Comitê Coordenador do plano Estadual de Recursos Hídricos (1997). Cobrança pelo uso

que proporcionam capacidade de pagamento para a maior tarifa. As culturas de maracujá, banana, feijão e coco apresentam capacidade para pagamento apenas das tarifas inferiores. As culturas de cana, arroz e milho não demonstraram capacidade de pagamento para qualquer faixa de tarifação.

Na FIGURA 16 apresentam-se as faixas de tarifação estipuladas pelo Decreto Nº 27.271/2003 e as capacidades de pagamento da água, por cultura, com base no limite de 5% da receita líquida da exploração.

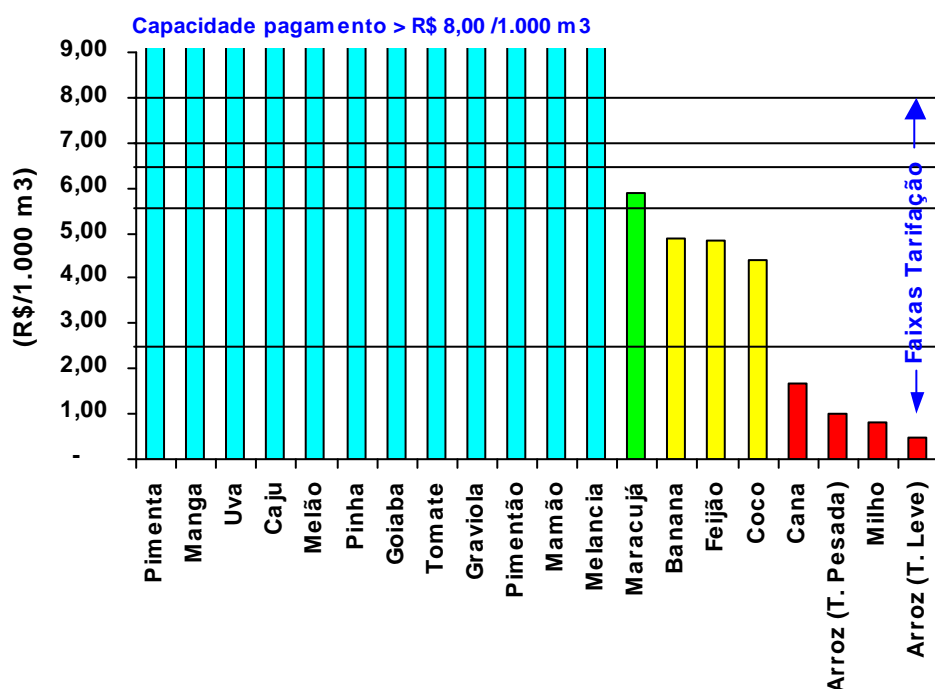


FIGURA 16 – Faixas de tarifação e capacidade de pagamento da água com base no limite de 5% da receita líquida das culturas.

Conforme apresentado na FIGURA 16, considerando o critério do limite de 5% da receita líquida, as culturas de cana-de-açúcar, arroz e milho, que correspondem a 30% da área cultivada na bacia, apresentam capacidade de pagamento inferior ao valor da tarifa mínima. As culturas de banana, feijão e coco apresentaram capacidade de pagamento apenas para o valor mínimo da tarifa (R\$ 2,50 / 1.000 m³).

Com base nas capacidades de pagamento apresentadas na FIGURA 16 e de acordo com o enquadramento das áreas de exploração nas faixas de tarifação pelo uso de recursos hídricos conforme o tamanho (TABELA 23), para viabilidade

econômica da cultura de arroz, esta deve ser explorada em unidades de produção com áreas limitadas a 0,3 ha, para que, em função do volume de água a ser utilizado, sejam enquadradas abaixo da faixa mínima de tarifação. Da mesma forma, para as culturas de banana e feijão, as áreas de produção devem ser limitadas a 2,3 ha e 3,3 ha, respectivamente, para que sejam enquadradas na primeira faixa de tarifação.

Excluindo-se cana, arroz, milho, banana, feijão, coco e maracujá, todas as demais culturas analisadas apresentaram capacidade de pagamento superior ao valor máximo de tarifação (R\$ 8,00/1000 m³), indicando viabilidade econômica da exploração com o pagamento do consumo de água para irrigação para qualquer dimensão de área.

5 CONCLUSÃO

Em razão dos resultados e da discussão apresentada advêm as seguintes conclusões:

Em função do clima e de características das culturas, a demanda de água para irrigação varia ao longo de todo ciclo produtivo. A concessão de outorga de água deve considerar estas variações traduzindo-as em vazões médias contínuas, ao passo que quando feita pela vazão de captação máxima instantânea tende a superestimar os volumes requeridos.

Mantidas as mesmas culturas e sistemas de irrigação atuais da bacia, há potencial de redução de 13% do volume de água utilizado para irrigação com a elevação das eficiências de irrigação a níveis potenciais. Com a mudança dos métodos de irrigação por superfície e substituição da cultura de arroz, o volume de água demandado sofreria redução de 19% em relação ao atual, associado ao uso mais intensivo do solo e produção de maior valor econômico.

Do ponto de vista econômico, o critério de avaliação do impacto da cobrança de água para irrigação em relação à receita líquida das explorações agrícolas é mais adequado que quando esta é analisada em relação aos custos de produção ou sobre a receita bruta.

Entre as 36 culturas agrícolas cultivadas na região do Baixo Jaguaribe, 52% da área é explorada com grãos (arroz, feijão, milho, soja e sorgo), que apresentam baixa rentabilidade, com resultado inferior a R\$ 1 mil por hectare por ano e, conseqüentemente, inviabilidade financeira para pagamento da tarifa pelo uso da água para irrigação vigente no Estado, com base nos critérios de avaliação analisados.

A fruticultura e a olericultura, de maneira geral, apresentaram rentabilidades mais elevadas e capacidade de pagamento frente à cobrança pelo uso da água, com impactos sobre a rentabilidade das explorações inferiores a 3%, com exceção do maracujá, da banana e do coco, cujos impactos foram de 6,0%, 7,2% e 8,0%, respectivamente.

Estes resultados demonstram que a agricultura irrigada com culturas de maior rentabilidade apresentam capacidade de pagamento para as tarifas de direito de uso água vigentes no Estado. Contudo, assim como observado por FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (2003), há que se considerar também o efeito da cobrança no

custo de produção na bacia do Baixo Jaguaribe frente à competitividade com produtos de outras regiões sem cobrança, evitando efeitos indesejáveis sobre a economia regional.

A desuniformidade de aplicação e as perdas de água são as maiores responsáveis pela grande variabilidade na demanda de água para atendimento das necessidades de irrigação, sendo, contudo, um fator de grande incerteza. Desta forma, recomenda-se a execução de pesquisas para um maior conhecimento da eficiência de irrigação praticada em campo, possibilitando um melhor manejo da irrigação e o planejamento do uso dos recursos hídricos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de procedimentos para outorga de uso de água para irrigação e dessedentação e criação de animal**. Disponível em: <http://pbs2.ana.gov.br/manuais_pro/ajuda_online/irrigacao/HTML/default.htm>.

Acesso em: 12 jan. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Arrecadação da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. **Informativo Gerência de Arrecadação (GEARR) Nº 003/2004**. Data de atualização: 27/07/04. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/docs/d147-InformativoGEARR04.xls>>. Acesso em: 12 jan. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Regionalização de vazões dos rios das sub-bacias Acaraú(35) e Jaguaribe(36)**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2001.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUZA, F. de; SEDIYAMA, G. C.; BEZERRA, J. R. C.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna** – Revista da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, Brasília, n. 52/53, p. 49-57, 4º trimestre 2001 / 1º trimestre 2002.

ALENCAR, C. M. **Consumo de água do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa* Deg)**. 2000. 49 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration (guideline for computing crop water requirements)**. (série FAO Irrigation and Drainage Paper, 56). Rome: FAO, 1998. 300 p.

AMORIM, R. S. S.; GRIEBELER, N. P.; GONÇALVES, F. A. Comparação de métodos de interpolação para espacialização de dados climáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. *Novas fronteiras: o desafio da engenharia agrícola: [trabalhos apresentados]*. Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CDROM.

ARAÚJO, J. C. Capacidade de pagamento de usuários de água bruta. In: SOUZA, M. P.; ARAÚJO J. C.; BRYANT, M. J. **Diagnóstico e perspectivas do sistema tarifário de água bruta no Estado do Ceará**: relatório técnico. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 1998.

AZEVEDO, B. M. **Determinação da evapotranspiração real utilizando lisímetros de drenagem com a cultura do milho (*Zea mays*, L.)**. 1993. 35 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1993.

AZEVEDO, de P.; SILVA, da B. B.; SILVA, da V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58, p. 241-254, 2003. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/agwat>>. Acesso em: 20 nov. 2004.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Orçamentos agropecuários, Estado do Ceará**. Out. 1996. Central de Apoio Operacional de Fortaleza. [Fortaleza, 1996]. 180 p.

BASTOS, F. G. C.; SOUZA, F. de; RÊGO, J. de L.; SALES, F. M G. Determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação da água de um sistema de irrigação por microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 2002, Salvador. [trabalhos apresentados]. Salvador: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CDROM.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 4 ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1987. 488 p.

CABRAL, R. C. **Evapotranspiração de referência de Hargreaves (1974) corrigida pelo método Penman-Monteith/FAO (1991) para o Estado do Ceará**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2000.

CARRAMASCHI, E. C.; CORDEIRO NETO, O. M.; NOGUEIRA, J. M. O preço da água para irrigação: um estudo comparativo de dois métodos de valoração econômica – contingente e dose-resposta. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 59-81, set./dez. 2000.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R. S. O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: uma análise dos estudos no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, número especial, p. 604-628, nov. 2000.

CASTRO, de L. C. A. **Análise da irrigação por sulcos utilizando a metodologia do balanço do volume**. 1997. 83 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1997.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Plano de gerenciamento das águas da bacia do rio Jaguaribe - CE**. [Fortaleza]: Engesoft – Engenharia e Consultoria, 2000. 1 CD-ROM.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Cadastro de outorga d'água. 2002**. [Fortaleza], 2002. Disquete 31/2 pol. Excel.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Cadastro atualizado de usuários e vazão do Canal do Trabalhador: set 2004**. Planilha eletrônica Microsoft Excel. [Fortaleza], 2004. Mensagem eletrônica enviada por: Berthyer@cogerh.com.br.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). [Vazões liberadas pelos açudes Banabuiú, Orós e Castanhão entre maio de 1996 e fevereiro de 2005]. Planilha eletrônica Microsoft Excel. [Fortaleza], 2005. Mensagem eletrônica enviada por: disney@cogerh.com.br.

CEARÁ. Secretaria da Agricultura e Pecuária (SEAGRI). **Sistema de Informação Gerencial Agrícola (SIGA)**. [Fortaleza], 2003. Disquete 31/2 pol. Excel.

CEARÁ. Secretaria da Agricultura e Pecuária (SEAGRI). Informações agrícolas: a agricultura na economia do Ceará. **Sistema de Informação Gerencial Agrícola (SIGA)**. Fortaleza, mai. 2004. 29 p. Disponível em: <http://www.seagri.ce.gov.br/siga/a_agricultura_na_economia_cearense.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2005.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Nota acerca da contribuição da barragem do Castanhão para o desenvolvimento sustentável do Ceará**. [Fortaleza], [ca. 2003]. 14 p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Atlas eletrônico dos recursos hídricos e meteorológicos do Ceará**. Disponível em: <http://atlas.secrel.com.br/canais_estado.asp>. Acesso em: 22 jan. 2005.

CHUNG, H. W.; CHOI, J.Y.; BAE, S.J. Calculation of spatial distribution of potential evapotranspiration using GIS. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis, Minnesota, USA. American Society of Agricultural Engineers, paper n. 973030, 9 p. 5 ref.

CLARKE, D. **CropWat for Windows: user guide**. Versão 4.3. FAO, NWRC, IIDS, University of Southampton, Southampton, UK. 1998.

COLARES, D. S. **Análise técnico-econômica do cultivo de arroz irrigado no Perímetro Irrigado Morada Nova, Ceará**. 2004. 58 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2004.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ (COELCE). **Diagnóstico energético: DIJA Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi**, relatório final. Fortaleza: FIERGÉTICA Conservação de Energia e Consultoria, 2001. 88 p.

DIAS, K. L. C. **Análise da evapotranspiração de referência da grama (*Paspalum maritimum* L.) e da evapotranspiração do melão (*Cucumis melo* L.) para a região litorânea do Ceará**. 2001. 70 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2001.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Rome: FAO, 1979. (FAO série Irrigation and Drainage Paper, 33). Versão em português: GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A. de; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. F. de. 2ª Edição. Dept. de Eng. Agrícola, UFPB, 2000. 221 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop Water Requirements**. (FAO série Irrigation and Drainage Paper, 24). Rome: FAO, 1992. 144 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcView GIS 3.2**. Software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), Redlands, 1999.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ (ESAM). **Dados climatológicos**. Disponível em: <<http://www.esam.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2004.

EVANS, R. O; HARRISON, K. A.; HOOK, J. E. PRIVETTE, C. V.; SEGARS, W. I.; SMITH, W. B.; THOMAS, D. L.; TYSON, A. W. **Irrigation conservation practices appropriate for the Southeastern United States**. (Geologic Survey Project Report, 32). Atlanta: Georgia Geologic Survey, Georgia Department Of Natural Resources, Environmental Protection Division, 1998. 43 p.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A.; Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agrícola**, v. 58, p 427-430, abr./jun. 2001.

FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DO PERÍMETRO IRRIGADO JAGUARIBE-APODI (FAPIJA). [Levantamento das áreas plantadas no Projeto Irrigado Jaguaribe Apodi – março e agosto de 2004.] [Limoeiro do Norte, CE], 2004. 5 p.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio eletrônico século XXI**. Versão 3.0, nov. 99. Lexikon Informática Ltda.

FERREIRA, M. de N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

FONTENELE, E.; ARAÚJO, de J. C. Tarifa de água como instrumento de planejamento dos recursos hídricos da bacia do Jaguaribe – CE. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 2, p. 234-251, abr.-jun. 2001.

FREITAS, M. A.; LOPES, A. V. Avaliação da demanda de água para irrigação: aplicação à bacia do rio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro, BA. **Anais...Juazeiro**, BA: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2003. 1 CDROM.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ/USP, Deptº de Engenharia Rural, 1992. (Série didática, 3). 53 p.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Estudos econômicos específicos à implantação da cobrança para os setores agropecuário, industrial e hidrelétrico.** Centro Internacional de desenvolvimento Sustentável (CIDS). Produto 4 – versão final. RE CIDS/EBAPE/FGV – 008/18/2002 – Rev 1. Estudos de apoio à implantação de agências e de cobrança pelo uso da água aplicados à bacia do rio Paraíba do Sul. [Rio de Janeiro], nov. 2003. 48 p.

GALLEGO, C. E. C.; MACHADO, E.; RAMON, N.; NOGUEIRA, W.J.; PEREIRA, C. A. A. O. O Manual de Outorga de Direitos de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2003. 1 CDROM.

GOLDEN SOFTWARE. **Surface mapping system (Surfer).** Versão 7.0. Colorado. 1999.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados – aspersão e gotejamento.** 3ª ed. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999, 412 p.

GUIMARÃES, J. W. A. **Manejo do algodão irrigado no projeto Jaguaribe-Apodi, utilizando um modelo computacional.** 1993. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1993.

HERNANDEZ, F. B. T. **Irrigação na figueira.** Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/figo_txt.htm#quatro>. Acesso em: 5 dez. 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Informações cadastrais das estações meteorológicas do INMET.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sistemas/inmetWeb/produtos/climatologia/informacaoCadastralEstacao.jsp>>. Acesso em: 15 jan. 2004.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: American Society of Civil Engineers (ASCE). (série Manual and Reports of Civil Engineers Practice, 70), 1990. (série).

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

KEMPER, K. E. **O custo da água gratuita: alocação e uso dos recursos hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro.** Linkoping: Linkoping University, 1997. 236 p. (Linkoping Studies in Arts and Science, 152).

KETTELHUT, J. T. S.; RODRIGUEZ, F. A.; GARRIDO, R. J.; PAIVA, F.; NETO, O. C.; RIZZO, H. Aspectos legais, institucionais e gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. In: Freitas, M. A. V. (org). **O estado das águas no Brasil: 1999 – Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL, 1999.

LI, S.; TARBOTON, D.; MCKEE, M. **Development of an ArcMap toolbar for regional evapotranspiration modeling**. Utah State University. Disponível em: <http://www.engineering.usu.edu/cee/faculty/dtarb/ESRI_paper_shujun_7_03.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2003.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em: <<http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>>. Acesso em: 30 dez 2004.

LOPES, M. Brasil participa da rede internacional em P&D para produtividade e uso competitivo da água. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna** – Revista da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, Brasília, n. 54, p. 61-62, 2º trimestre 2002.

MAGALHÃES, C. A. **Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para o pimentão (*Capsicum annum L.*) pelo método do balanço hídrico**. 1982. 40 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1982.

MAROUELLI, W. A.; SEDIYAMA, G. C. Balanço hídrico visando ao máximo a precipitação natural. In: MAROUELLI, W. A.; SEDIYAMA, G. C. **Necessidade de água para os cultivos**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS). (Curso de engenharia de irrigação, módulo 04). Brasília, 1993. 88 p.

MARTINS NETO, D. **Evapotranspiração real da acerola (*Malpighia glabra L.*) durante o primeiro ano de implantação nas condições climáticas de Fortaleza CE**. 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade federal do Ceará. Fortaleza. 1997.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, de J. A. A. Avaliação do manejo de irrigação do Perímetro Irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v. 7, n. 1. P. 80-84, 2003.

MICROSOFT MapInfo Corporation. **Excel 2000**. Try, NY. 2000.

MONTENEGRO, A. A. T. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do mamoeiro (*Carica papaya L.*) obtidos através do método do balanço hídrico para a região litorânea do Ceará**. 2002. 76 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2002.

MUNDIM, P. M. **Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na presença da cultura de milho.** 1996. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1996.

NAOUM, S.; TSANIS, I.K. Temporal and spatial variation of annual rainfall on the island of Crete, Greece. In: **Hydrological-Processes**. 2003, 17: 10, 1899-1922; 332 ref.

OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Nobel, 1983. 267 p.

OLIVEIRA, J. J. G. **Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo da melancia (*Citrullus lanatus*, Schard) através de lisímetro de pesagem de precisão para a região litorânea do Ceará.** 1999. 121 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1999.

OLIVEIRA, V. H. de; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTEMO, L. A.; SAUNDERS, L. C. U. **Manejo da irrigação na produção integrada do cajueiro-anão precoce.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2003. 7 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 15).

PAES, H. M. F.; SOUSA, 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. **Anais...**, 2003. p. 157.

PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas – aplicações na agricultura.** Brasília: Embrapa-SPI/CPAC, 1998.

PERDIGÃO, A.; MOITA, S. **A utilização de sistemas de informação geográfica em climatologia e meteorologia.** Disponível em: <<http://www.ihera.min-agricultura.pt>>. Acesso em: 15 dez. 2003.

PESSOA, P. C. S. **Otimização hidráulica e energética de sistemas de irrigação em olericultura.** Disponível em: <<http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/otimizacaohidraulica.doc>>. Acesso em: 30 dez. 2004.

PESSOA, P. F. A. de P.; OLIVEIRA, V. H. de; SANTOS, F. J. de S.; SEMRAU, L. A. dos S. Análise da viabilidade econômica do cultivo do cajueiro irrigado e sob sequeiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 2, p. 178-187, abr-jun. 2000.

PINHEIRO, J. C. V.; LIMA, A. T. M. Valor econômico e elasticidade preço da demanda de água para irrigação no Vale do Apodi - CE. In: ROSA, A. L. T.; KHAN, A. S. **Nordeste: reflexões sobre aspectos setoriais e locais de uma economia**. Fortaleza: CAEN, 2002.

POZZEBON, E. J.; CUNHA, P.; CAVALCANTE, A.C.; CARRARI, E.; SILVA, L.M.C. Demanda hídrica para a agricultura irrigada e sua influência nas análises de pedidos de outorga de direito de uso de água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2003. 1 CDROM.

PROJETEC PROJETOS TÉCNICOS. **Viabilidade de implantação de pólos do agronegócio sucroalcooleiro no semi-árido baiano**. [Recife], set., 2004. 184 p.

RAMOS, A. **Análise do desenvolvimento vegetativo e produtividade da palmeira pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) sob níveis de irrigação e adubação nitrogenada**. 2002. 126 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; FREITAS, W. da S.; SANTANA, G. da S.; RIBEIRO, R. de A. Quantificação do uso e da eficiência de irrigação na bacia do São Francisco. In: **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna** – Revista da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, Brasília, n. 60, p. 22-33, 4º trimestre 2003.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Instrumentos regulatórios e econômicos: aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do rio Pirapama, PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** – Revista da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 41-70, out./dez. 2001.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F.; SILVA, E. M. Metodologia para estimativa da precipitação anual em áreas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. Novas fronteiras: o desafio da engenharia agrícola: [trabalhos apresentados]. Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CDROM.

SANTOS, M. R. M.; KELMAN, J. A experiência européia e brasileira na cobrança pelo uso da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2003. 1 CDROM.

SARMENTO, R. A indústria de água no Brasil: uso sustentável e saneamento. In: SEMINÁRIO - O VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA: IMPACTOS SOBRE O SETOR INDUSTRIAL NACIONAL, 2002, Vitória. **Anais...** Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2002. p. 37-40.

SCHVARTZMAN, A. S.; NASCIMENTO, N. O.; SPERLING, M. Outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos: aplicação à bacia do rio Paraopeba, MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** – Revista da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, nº 1, jan./mar. 2002, p. 103-122.

SILVA, J. A. A. **Características gerais das anonáceas**. Estação Experimental de Bebedouro. Data da edição: 28/05/03. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=2918>. Acesso em: 5 dez. 2004.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Avaliação técnica do sistema de irrigação por aspersão do Perímetro Irrigado Barreiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v. 2, n. 2. p. 136-141, 1998.

TATE, D. M. **Principios del uso eficiente del agua**. Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/cap2.htm>. Acesso em: 15 jan. 2005.

TEIXEIRA, A. H. de C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura de videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 3, n. 3. p. 413-416, 1999.

TEIXEIRA, A. dos S. **Estudo do efeito de diferentes tipos de emissores na performance de um sistema de irrigação por aspersão pivô-central**. 1992. 68 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Guia para normalização de trabalhos acadêmicos de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**. Fortaleza, 2003. 98 p.

VANZELA, L. S.; ZOCOLER, J. L.; HERNANDEZ, F. B. T. Uniformidade de distribuição da água acima e abaixo da superfície do solo em um sistema de irrigação por aspersão convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. [trabalhos apresentados]. Salvador: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CDROM.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Rome: FAO, 1980. (FAO série Irrigation and Drainage Paper, 36). Versão em português: GHEYI, H. R.; DAMASCENO, F. A. V.; SILVA JÚNIOR, L. G. A.; MEDEIROS, J. F. de. Dept^o. de Eng^a. Agrícola, UFPB. 1997. 184 p.

APÊNDICE A – NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO (LÂMINA LÍQUIDA) MENSAL E ANUAL DE CULTURAS SEMIPERENES E PERENES NA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE.

TABELA 27 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do açaí.

AÇAÍ		Lâmina Líquida (mm/mês)												Kc: 1,00
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	
Alto Santo	141	62	11	9	53	94	141	190	212	230	215	192	1.550	
São João Jaguaribe	140	63	15	15	55	95	146	190	213	231	217	196	1.576	
Tabuleiro do Norte	136	66	19	20	58	92	150	188	214	231	218	196	1.586	
Morada Nova	140	67	20	20	60	95	149	188	216	234	224	204	1.617	
Limoeiro do Norte	139	60	13	10	51	95	146	192	211	229	212	191	1.549	
Quixeré	138	61	12	8	47	93	144	191	210	229	212	189	1.535	
Russas	140	60	12	9	50	94	144	192	211	229	213	191	1.545	
Jaguaruana	139	62	14	12	52	94	145	190	212	230	215	193	1.559	
Itaíçaba	139	62	16	13	54	95	147	190	213	230	215	194	1.568	
Média	139	62	15	13	53	94	146	190	212	230	216	194	1.565	

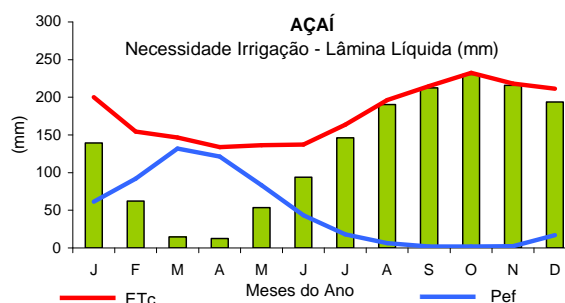


FIGURA 17 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do açaí.

TABELA 28 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da acerola.

ACEROLA		Lâmina Líquida (mm/mês)												Kc: 1,06
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	
Alto Santo	149	66	12	10	56	100	150	202	225	244	229	204	1.647	
São João Jaguaribe	148	67	16	16	59	101	155	202	227	245	231	208	1.674	
Tabuleiro do Norte	145	70	20	21	61	97	159	200	227	245	231	208	1.685	
Morada Nova	148	71	21	21	63	101	158	200	230	249	238	217	1.718	
Limoeiro do Norte	148	64	14	10	54	101	155	204	224	243	225	203	1.646	
Quixeré	147	65	13	8	50	99	153	203	223	243	225	201	1.631	
Russas	149	64	13	10	53	100	153	203	224	244	226	203	1.641	
Jaguaruana	148	65	15	13	56	100	154	202	225	245	228	205	1.657	
Itaíçaba	148	66	17	14	58	100	156	202	226	245	229	206	1.667	
Média	148	66	16	14	57	100	155	202	226	245	229	206	1.663	

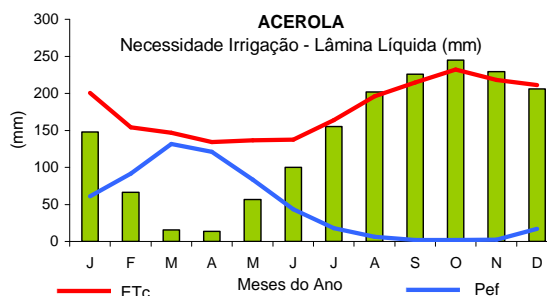


FIGURA 18 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da acerola.

TABELA 29 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura das anonáceas.

ATEMÓIA, GRAVIOLA e PINHA			Lâmina Líquida (mm/mês)										Kc: 0,90
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Alto Santo	127	56	10	8	48	84	127	171	191	207	194	173	1.395
São João Jaguaribe	126	57	14	13	50	85	131	171	192	208	195	176	1.418
Tabuleiro do Norte	123	59	17	18	52	82	135	169	192	208	196	177	1.427
Morada Nova	126	60	18	18	54	85	134	169	195	211	201	183	1.455
Limoeiro do Norte	125	54	12	9	46	85	131	172	190	206	191	172	1.394
Quixeré	124	55	11	7	43	84	130	172	189	206	190	170	1.382
Russas	126	54	11	8	45	85	130	172	190	206	191	172	1.390
Jaguaruana	125	55	13	11	47	85	131	171	191	207	193	174	1.403
Itaíçaba	125	55	14	12	49	85	132	171	191	207	194	175	1.412
Média	125	56	13	12	48	85	131	171	191	207	194	175	1.409

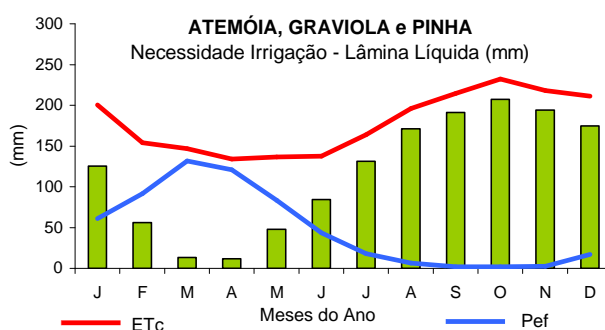


FIGURA 19 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura das anonáceas.

TABELA 30 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da banana.

BANANA			Lâmina Líquida (mm/mês)										Kc: 1,00
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Alto Santo	141	62	11	9	53	94	141	190	212	230	215	192	1.550
São João Jaguaribe	140	63	15	15	55	95	146	190	213	231	217	196	1.576
Tabuleiro do Norte	136	66	19	20	58	92	150	188	214	231	218	196	1.586
Morada Nova	140	67	20	20	60	95	149	188	216	234	224	204	1.617
Limoeiro do Norte	139	60	13	10	51	95	146	192	211	229	212	191	1.549
Quixeré	138	61	12	8	47	93	144	191	210	229	212	189	1.535
Russas	140	60	12	9	50	94	144	192	211	229	213	191	1.545
Jaguaruana	139	62	14	12	52	94	145	190	212	230	215	193	1.559
Itaíçaba	139	62	16	13	54	95	147	190	213	230	215	194	1.568
Média	139	62	15	13	53	94	146	190	212	230	216	194	1.565

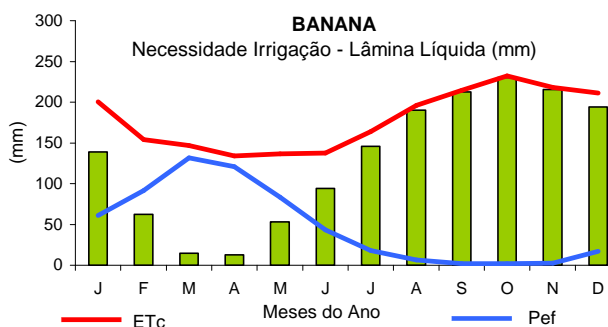


FIGURA 20 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da banana.

TABELA 31 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do caju.

CAJU	Lâmina Líquida (mm/mês)												Kc: 0,65
	Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	
Alto Santo	91	40	7	6	34	61	92	124	138	149	140	125	1.008
São João Jaguaribe	91	41	10	9	36	62	95	124	139	150	141	127	1.024
Tabuleiro do Norte	88	43	12	13	37	59	97	122	139	150	141	127	1.031
Morada Nova	91	43	13	13	39	62	97	122	141	152	146	132	1.051
Limoeiro do Norte	90	39	9	6	33	62	95	125	137	149	138	124	1.007
Quixeré	90	40	8	5	31	60	94	124	137	149	138	123	998
Russas	91	39	8	6	32	61	94	124	137	149	138	124	1.004
Jaguaruana	90	40	9	8	34	61	94	124	138	150	140	126	1.014
Itaiçaba	90	40	10	9	35	61	96	124	138	150	140	126	1.020
Média	90	41	10	8	35	61	95	124	138	150	140	126	1.017

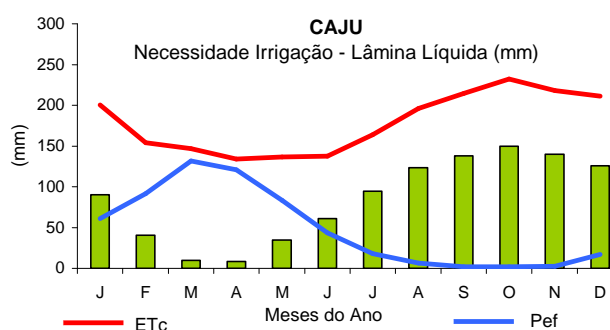


FIGURA 21 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do caju.

TABELA 32 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da cana.

CANA DE AÇÚCAR	Lâmina Líquida (mm/mês)												Kc: 1,04
	Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	
Alto Santo	147	65	12	10	55	98	148	198	221	240	225	200	1.618
São João Jaguaribe	146	66	16	15	58	99	152	198	223	241	227	204	1.645
Tabuleiro do Norte	142	69	20	21	60	96	156	196	223	241	227	205	1.655
Morada Nova	146	70	21	21	62	99	156	196	226	245	234	213	1.687
Limoeiro do Norte	145	62	14	10	53	99	152	200	220	239	222	199	1.617
Quixeré	144	64	13	8	49	97	151	200	219	239	221	197	1.603
Russas	146	63	13	9	52	98	151	200	220	239	222	199	1.613
Jaguaruana	145	64	15	12	55	98	152	199	221	240	224	202	1.627
Itaiçaba	145	64	16	14	57	99	153	199	222	240	225	203	1.637
Média	145	65	15	13	56	98	152	199	222	240	225	202	1.634

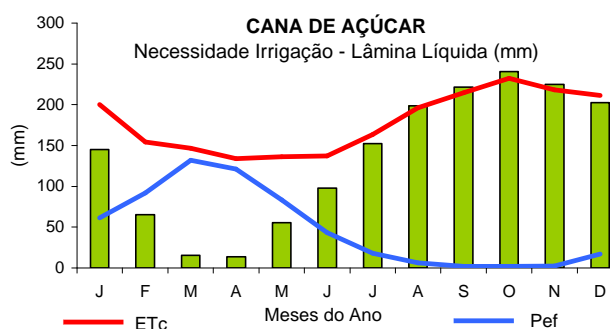


FIGURA 22 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da cana.

TABELA 33 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do capim/pasto.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	106	46	8	7	40	70	106	143	159	172	161	144	1.163
São João Jaguaribe	105	47	12	11	41	71	109	143	160	173	163	147	1.182
Tabuleiro do Norte	102	49	14	15	43	69	112	141	160	173	163	147	1.189
Morada Nova	105	50	15	15	45	71	112	141	162	176	168	153	1.212
Limoeiro do Norte	104	45	10	7	38	71	109	144	158	172	159	143	1.162
Quixeré	104	46	9	6	35	70	108	144	158	172	159	142	1.152
Russas	105	45	9	7	37	71	108	144	158	172	159	143	1.159
Jaguaruana	104	46	11	9	39	71	109	143	159	173	161	145	1.169
Itaíçaba	104	46	12	10	41	71	110	143	159	173	161	146	1.176
Média	104	47	11	10	40	70	109	143	159	173	162	145	1.174

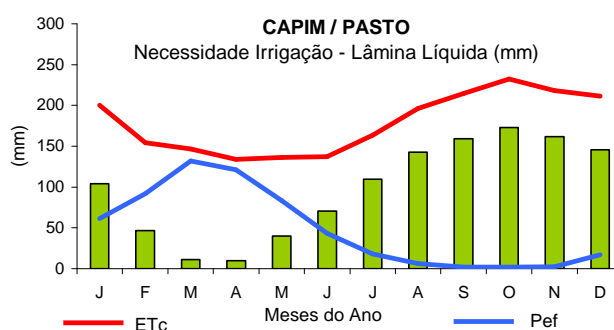


FIGURA 23 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do capim/pasto.

TABELA 34 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura dos citros.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	113	50	9	8	42	75	114	153	170	185	173	154	1.247
São João Jaguaribe	112	51	12	12	44	76	117	153	172	186	175	157	1.267
Tabuleiro do Norte	109	53	15	16	46	74	121	151	172	186	175	158	1.275
Morada Nova	112	54	16	16	48	76	120	151	174	188	180	164	1.300
Limoeiro do Norte	112	48	11	8	41	76	117	154	170	184	171	154	1.246
Quixeré	111	49	10	6	38	75	116	154	169	184	170	152	1.235
Russas	113	48	10	7	40	76	116	154	170	184	171	153	1.242
Jaguaruana	112	50	11	10	42	76	117	153	170	185	173	155	1.254
Itaíçaba	112	50	13	11	44	76	118	153	171	185	173	156	1.261
Média	112	50	12	10	43	76	117	153	171	185	173	156	1.259

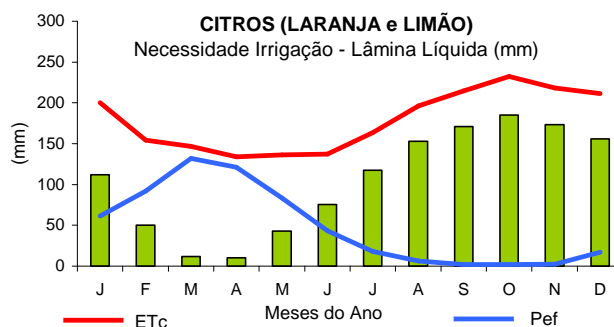


FIGURA 24 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura dos citros.

TABELA 35 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do coco.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	141	62	11	9	53	94	141	190	212	230	215	192	1.550
São João Jaguaribe	140	63	15	15	55	95	146	190	213	231	217	196	1.576
Tabuleiro do Norte	136	66	19	20	58	92	150	188	214	231	218	196	1.586
Morada Nova	140	67	20	20	60	95	149	188	216	234	224	204	1.617
Limoeiro do Norte	139	60	13	10	51	95	146	192	211	229	212	191	1.549
Quixeré	138	61	12	8	47	93	144	191	210	229	212	189	1.535
Russas	140	60	12	9	50	94	144	192	211	229	213	191	1.545
Jaguaruana	139	62	14	12	52	94	145	190	212	230	215	193	1.559
Itaiçaba	139	62	16	13	54	95	147	190	213	230	215	194	1.568
Média	139	62	15	13	53	94	146	190	212	230	216	194	1.565

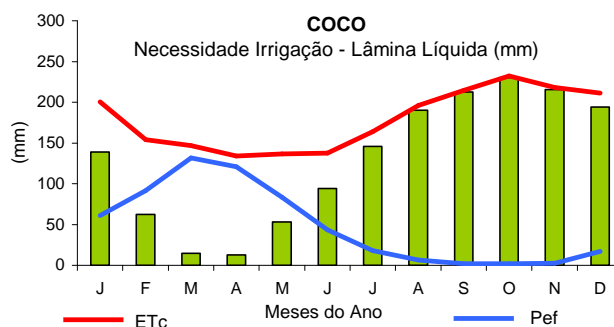


FIGURA 25 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do coco.

TABELA 36 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do figo.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	141	62	11	9	53	94	141	190	212	230	215	192	1.550
São João Jaguaribe	140	63	15	15	55	95	146	190	213	231	217	196	1.576
Tabuleiro do Norte	136	66	19	20	58	92	150	188	214	231	218	196	1.586
Morada Nova	140	67	20	20	60	95	149	188	216	234	224	204	1.617
Limoeiro do Norte	139	60	13	10	51	95	146	192	211	229	212	191	1.549
Quixeré	138	61	12	8	47	93	144	191	210	229	212	189	1.535
Russas	140	60	12	9	50	94	144	192	211	229	213	191	1.545
Jaguaruana	139	62	14	12	52	94	145	190	212	230	215	193	1.559
Itaiçaba	139	62	16	13	54	95	147	190	213	230	215	194	1.568
Média	139	62	15	13	53	94	146	190	212	230	216	194	1.565

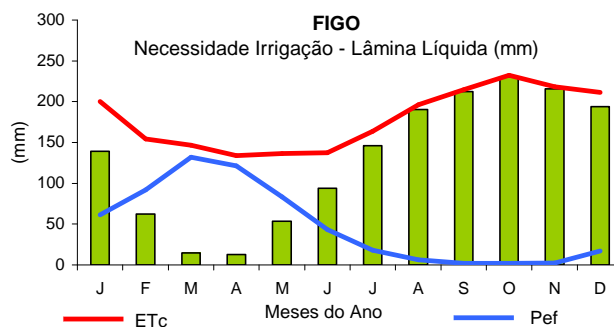


FIGURA 26 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do figo.

TABELA 37 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da forragem.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	147	65	12	10	55	98	148	198	221	240	225	200	1.618
São João Jaguaribe	146	66	16	15	58	99	152	198	223	241	227	204	1.645
Tabuleiro do Norte	142	69	20	21	60	96	156	196	223	241	227	205	1.655
Morada Nova	146	70	21	21	62	99	156	196	226	245	234	213	1.687
Limoeiro do Norte	145	62	14	10	53	99	152	200	220	239	222	199	1.617
Quixeré	144	64	13	8	49	97	151	200	219	239	221	197	1.603
Russas	146	63	13	9	52	98	151	200	220	239	222	199	1.613
Jaguaruana	145	64	15	12	55	98	152	199	221	240	224	202	1.627
Itaíçaba	145	64	16	14	57	99	153	199	222	240	225	203	1.637
Média	145	65	15	13	56	98	152	199	222	240	225	202	1.634

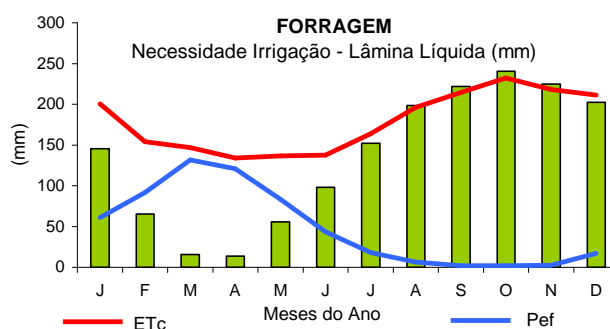


FIGURA 27 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da forragem.

TABELA 38 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da goiaba.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	89	39	7	6	33	59	89	120	134	145	136	121	980
São João Jaguaribe	88	40	10	9	35	60	92	120	135	146	137	124	997
Tabuleiro do Norte	86	42	12	13	36	58	95	119	135	146	138	124	1.003
Morada Nova	88	42	13	13	38	60	94	119	137	148	142	129	1.023
Limoeiro do Norte	88	38	9	6	32	60	92	121	134	145	134	121	980
Quixeré	87	39	8	5	30	59	91	121	133	145	134	120	971
Russas	89	38	8	6	31	60	91	121	133	145	134	121	977
Jaguaruana	88	39	9	7	33	60	92	120	134	146	136	122	986
Itaíçaba	88	39	10	9	34	60	93	120	134	146	136	123	992
Média	88	39	9	8	34	59	92	120	134	146	136	123	990

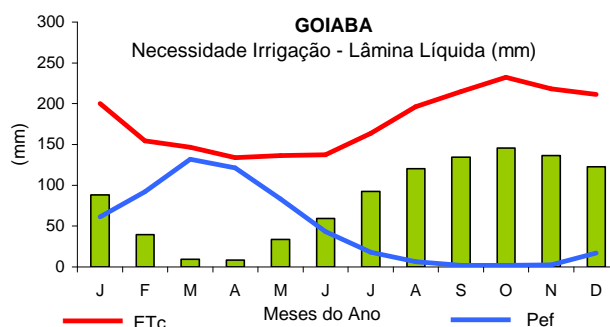


FIGURA 28 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da goiaba.

TABELA 39 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura de hortaliças.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	141	62	11	9	53	94	141	190	212	230	215	192	1.550
São João Jaguaribe	140	63	15	15	55	95	146	190	213	231	217	196	1.576
Tabuleiro do Norte	136	66	19	20	58	92	150	188	214	231	218	196	1.586
Morada Nova	140	67	20	20	60	95	149	188	216	234	224	204	1.617
Limoeiro do Norte	139	60	13	10	51	95	146	192	211	229	212	191	1.549
Quixeré	138	61	12	8	47	93	144	191	210	229	212	189	1.535
Russas	140	60	12	9	50	94	144	192	211	229	213	191	1.545
Jaguaruana	139	62	14	12	52	94	145	190	212	230	215	193	1.559
Itaiçaba	139	62	16	13	54	95	147	190	213	230	215	194	1.568
Média	139	62	15	13	53	94	146	190	212	230	216	194	1.565

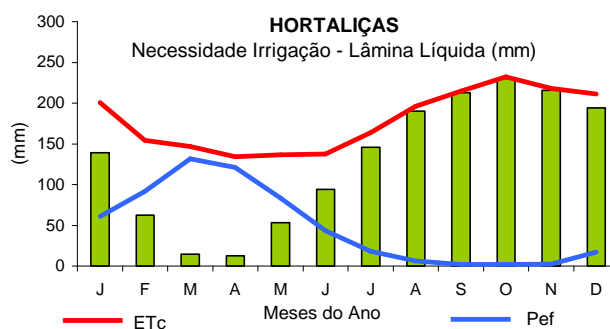


FIGURA 29 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura de hortaliças.

TABELA 40 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do mamão.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	158	70	13	11	59	106	159	214	238	258	242	216	1.743
São João Jaguaribe	157	71	17	16	62	106	164	214	240	260	244	220	1.771
Tabuleiro do Norte	153	74	21	22	65	103	169	211	240	259	245	221	1.783
Morada Nova	157	75	23	22	67	107	168	212	243	263	252	229	1.818
Limoeiro do Norte	156	67	15	11	57	106	164	215	237	258	239	215	1.741
Quixeré	155	69	14	9	53	105	162	215	236	257	238	213	1.726
Russas	158	68	14	10	56	106	162	215	237	258	239	214	1.737
Jaguaruana	157	69	16	13	59	106	163	214	238	259	242	217	1.753
Itaiçaba	156	69	17	15	61	106	165	214	239	259	242	218	1.763
Média	156	70	17	14	60	106	164	214	239	259	242	218	1.760

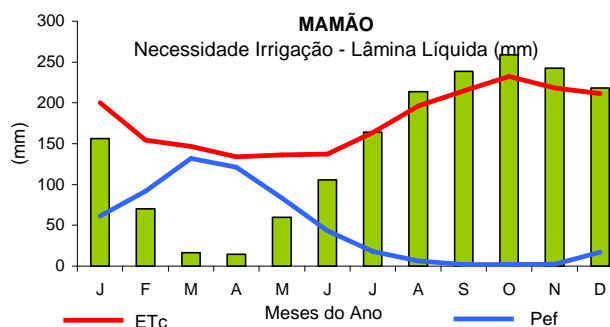


FIGURA 30 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do mamão.

TABELA 41 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da manga.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	100	44	8	7	38	67	100	135	150	163	153	136	1.101
São João Jaguaribe	99	45	11	10	39	67	104	135	151	164	154	139	1.119
Tabuleiro do Norte	97	47	14	14	41	65	106	133	152	164	154	139	1.126
Morada Nova	99	47	14	14	42	67	106	134	154	166	159	145	1.148
Limoeiro do Norte	99	42	10	7	36	67	104	136	150	163	151	136	1.100
Quixeré	98	43	9	6	34	66	102	136	149	163	150	134	1.090
Russas	100	43	9	6	35	67	103	136	150	163	151	135	1.097
Jaguaruana	99	44	10	8	37	67	103	135	151	163	153	137	1.107
Itaíçaba	99	44	11	10	39	67	104	135	151	164	153	138	1.114
Média	99	44	11	9	38	67	104	135	151	164	153	138	1.111

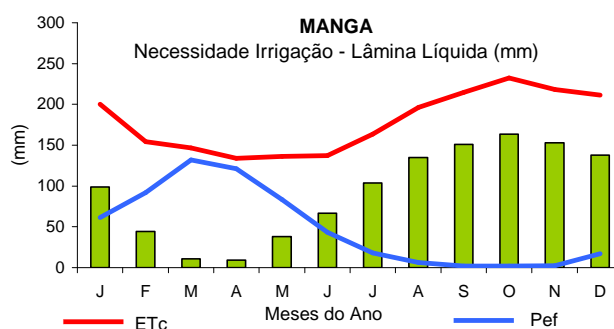


FIGURA 31 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da manga.

TABELA 42 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura do maracujá.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	97	43	8	6	36	65	98	131	146	159	148	132	1.070
São João Jaguaribe	96	43	11	10	38	65	101	131	147	159	150	135	1.087
Tabuleiro do Norte	94	45	13	14	40	63	103	130	148	159	150	135	1.094
Morada Nova	96	46	14	14	41	65	103	130	149	162	154	141	1.115
Limoeiro do Norte	96	41	9	7	35	65	101	132	146	158	146	132	1.069
Quixeré	95	42	8	5	33	64	100	132	145	158	146	131	1.059
Russas	97	41	8	6	34	65	100	132	146	158	147	132	1.066
Jaguaruana	96	43	10	8	36	65	100	131	146	159	148	133	1.076
Itaíçaba	96	43	11	9	37	65	101	131	147	159	149	134	1.082
Média	96	43	10	9	37	65	101	131	147	159	149	134	1.080

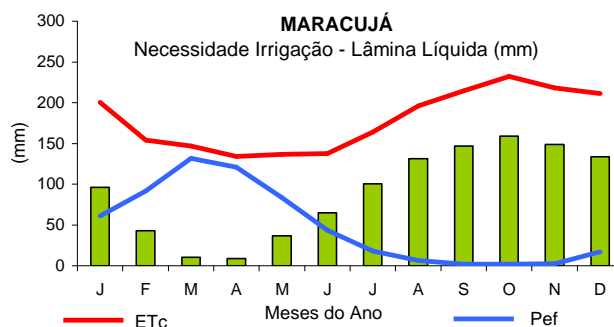


FIGURA 32 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura do maracujá.

TABELA 43 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura de ornamentais.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	141	62	11	9	53	94	141	190	212	230	215	192	1.550
São João Jaguaribe	140	63	15	15	55	95	146	190	213	231	217	196	1.576
Tabuleiro do Norte	136	66	19	20	58	92	150	188	214	231	218	196	1.586
Morada Nova	140	67	20	20	60	95	149	188	216	234	224	204	1.617
Limoeiro do Norte	139	60	13	10	51	95	146	192	211	229	212	191	1.549
Quixeré	138	61	12	8	47	93	144	191	210	229	212	189	1.535
Russas	140	60	12	9	50	94	144	192	211	229	213	191	1.545
Jaguaruana	139	62	14	12	52	94	145	190	212	230	215	193	1.559
Itaíçaba	139	62	16	13	54	95	147	190	213	230	215	194	1.568
Média	139	62	15	13	53	94	146	190	212	230	216	194	1.565

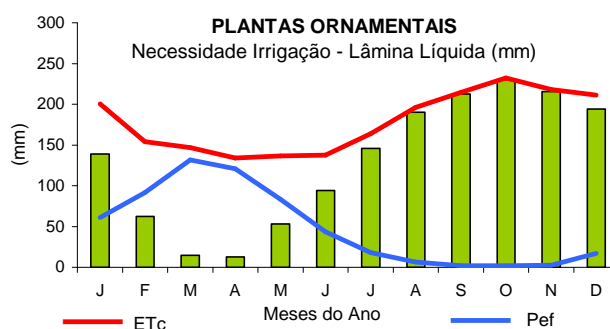


FIGURA 33 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura de ornamentais.

TABELA 44 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da sapota/sapoti.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	100	44	8	7	38	67	100	135	150	163	153	136	1.101
São João Jaguaribe	99	45	11	10	39	67	104	135	151	164	154	139	1.119
Tabuleiro do Norte	97	47	14	14	41	65	106	133	152	164	154	139	1.126
Morada Nova	99	47	14	14	42	67	106	134	154	166	159	145	1.148
Limoeiro do Norte	99	42	10	7	36	67	104	136	150	163	151	136	1.100
Quixeré	98	43	9	6	34	66	102	136	149	163	150	134	1.090
Russas	100	43	9	6	35	67	103	136	150	163	151	135	1.097
Jaguaruana	99	44	10	8	37	67	103	135	151	163	153	137	1.107
Itaíçaba	99	44	11	10	39	67	104	135	151	164	153	138	1.114
Média	99	44	11	9	38	67	104	135	151	164	153	138	1.111

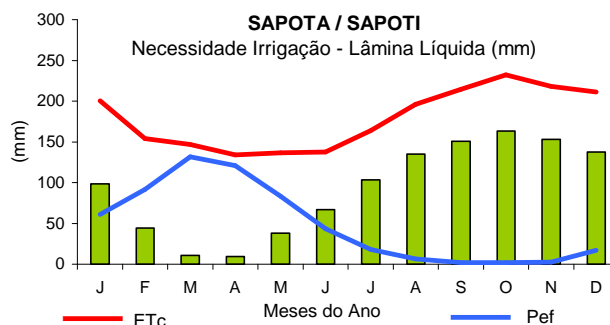


FIGURA 34 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da sapota/sapoti.

TABELA 45 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal e anual da cultura da uva.

Município	Lâmina Líquida (mm/mês)												ANO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	124	54	10	8	47	83	124	167	187	202	189	169	1.365
São João Jaguaribe	123	55	14	13	49	83	128	167	188	203	191	172	1.387
Tabuleiro do Norte	120	58	17	17	51	81	132	165	188	203	192	173	1.396
Morada Nova	123	59	18	18	52	84	131	166	190	206	197	179	1.423
Limoeiro do Norte	122	53	12	9	45	83	128	169	186	202	187	168	1.363
Quixeré	122	54	11	7	42	82	127	169	185	201	186	167	1.352
Russas	123	53	11	8	44	83	127	169	186	202	187	168	1.360
Jaguaruana	123	54	12	10	46	83	128	168	187	203	189	170	1.373
Itaiçaba	122	54	14	12	48	83	129	168	187	203	189	171	1.381
Média	122	55	13	11	47	83	128	167	187	203	190	171	1.378

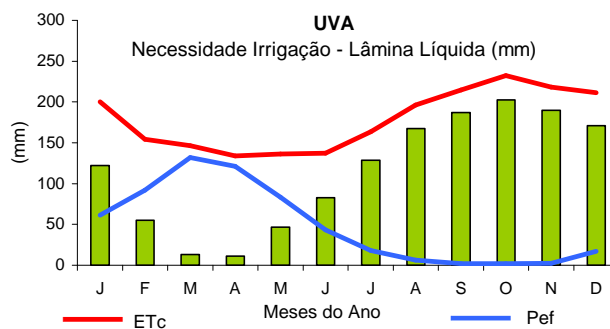


FIGURA 35 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) mensal da cultura da uva.

APÊNDICE B – NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO (LÂMINA LÍQUIDA) POR CICLO DE PRODUÇÃO, EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE PLANTIO PARA AS CULTURAS TEMPORÁRIAS NA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE.

TABELA 46 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do algodão.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo												
São João Jaguaribe												
Tabuleiro do Norte												
Morada Nova												
Limoeiro do Norte	101	171	297	468	610	754	814	810	701	555	381	175
Quixeré												
Russas												
Jaguaruana												
Itaiçaba												
Média	101	171	297	468	610	754	814	810	701	555	381	175

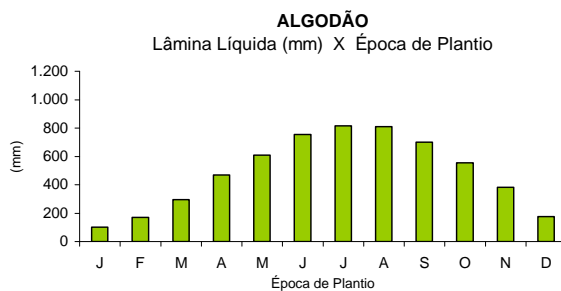


FIGURA 36 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do algodão.

TABELA 47 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do arroz.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	302	294	385	598	781	969	1.058	1.077	981	829	631	400
São João Jaguaribe	315	309	401	609	789	977	1.067	1.086	989	836	639	411
Tabuleiro do Norte	327	319	411	613	790	978	1.067	1.085	988	837	643	421
Morada Nova	335	328	418	619	797	987	1.082	1.107	1.013	861	662	432
Limoeiro do Norte	301	295	390	604	786	973	1.058	1.072	973	820	625	398
Quixeré	293	287	380	595	779	969	1.054	1.068	969	817	622	394
Russas	298	291	386	600	783	971	1.057	1.072	975	822	626	397
Jaguaruana	306	300	393	604	785	974	1.061	1.078	981	828	632	404
Itaíçaba	312	306	400	609	789	977	1.064	1.081	983	830	635	407
Média	310	303	396	606	787	975	1.063	1.081	983	831	635	407

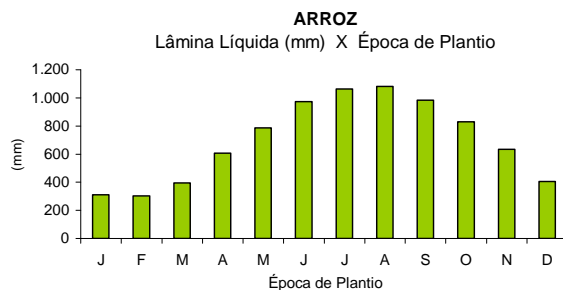


FIGURA 37 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do arroz.

TABELA 48 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da cebola.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	188	204	321	517	676	847	921	928	826	669	478	272
São João Jaguaribe	201	215	331	525	685	855	929	937	833	676	486	284
Tabuleiro do Norte	216	221	331	523	681	854	930	939	837	686	501	300
Morada Nova	218	230	341	531	691	865	944	956	854	697	505	302
Limoeiro do Norte	187	204	325	522	682	851	920	924	820	663	475	271
Quixeré	180	196	317	514	675	848	917	920	816	661	473	266
Russas	184	201	321	518	679	850	920	924	821	664	475	270
Jaguaruana	192	208	325	521	681	852	924	930	826	670	480	276
Itaíçaba	197	213	330	525	685	855	927	932	828	671	483	280
Média	196	210	327	522	682	853	926	932	829	673	484	280

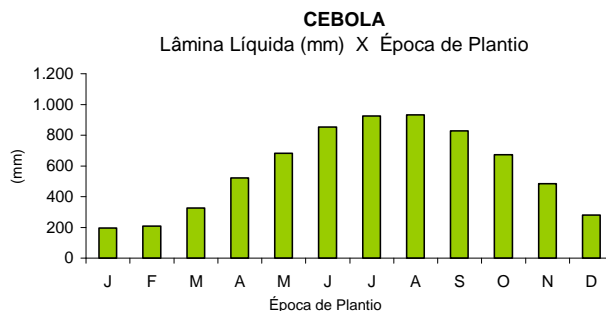


FIGURA 38 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da cebola.

TABELA 49 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do feijão.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	71	24	45	112	187	293	369	416	424	393	321	193
São João Jaguaribe	73	28	49	115	192	298	372	418	427	398	324	194
Tabuleiro do Norte	76	32	53	114	193	298	372	417	428	399	322	193
Morada Nova	78	33	55	118	196	299	374	422	437	412	333	198
Limoeiro do Norte	70	25	44	112	192	299	372	415	421	390	319	190
Quixeré	70	23	41	107	189	297	370	414	420	388	316	190
Russas	70	24	43	110	190	298	371	415	421	390	319	192
Jaguaruana	71	26	46	112	191	297	371	416	424	394	321	192
Itaíçaba	72	28	48	114	193	299	372	417	425	396	322	192
Média	72	27	47	113	192	297	371	417	425	396	322	193

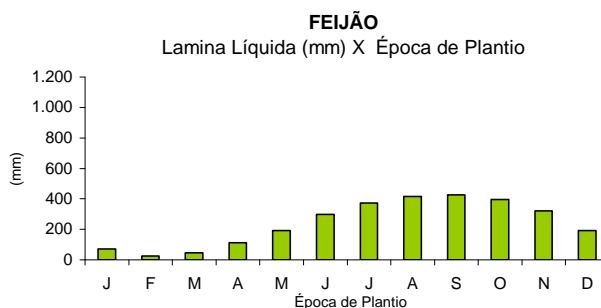


FIGURA 39 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do feijão.

TABELA 50 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da mandioca.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	573	758	950	1.140	1.228	1.234	1.162	1.063	776	606	501	447
São João Jaguaribe	573	758	950	1.140	1.228	1.234	1.162	1.063	776	606	501	447
Tabuleiro do Norte	573	758	950	1.140	1.228	1.234	1.162	1.063	776	606	501	447
Morada Nova	573	758	950	1.140	1.228	1.234	1.162	1.063	776	606	501	447
Limoeiro do Norte	564	751	943	1.132	1.218	1.220	1.145	1.046	759	586	484	434
Quixeré	564	751	943	1.132	1.218	1.220	1.145	1.046	759	586	484	434
Russas	564	751	943	1.132	1.218	1.220	1.145	1.046	759	586	484	434
Jaguaruana	564	751	943	1.132	1.218	1.220	1.145	1.046	759	586	484	434
Itaíçaba	564	751	943	1.132	1.218	1.220	1.145	1.046	759	586	484	434
Média	568	755	947	1.136	1.223	1.227	1.154	1.055	768	596	492	440

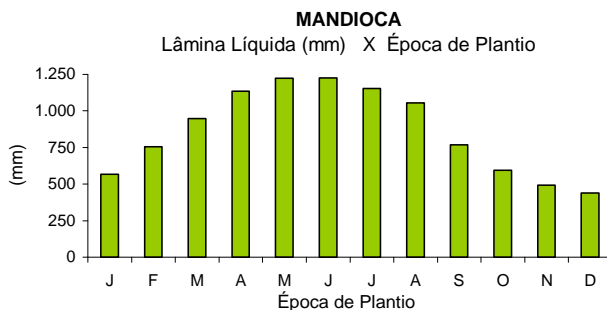


FIGURA 40 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da mandioca.

TABELA 51 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da melancia.

MELANCIA		Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	101	49	68	136	205	306	385	435	449	416	352	224	
São João Jaguaribe													
Tabuleiro do Norte	106	60	79	138	209	312	388	436	452	423	355	225	
Morada Nova	109	61	81	143	211	312	390	442	462	436	367	230	
Limoeiro do Norte	100	51	67	135	208	312	388	434	445	413	350	222	
Quixeré	100	49	63	131	206	310	386	433	444	411	347	222	
Russas	100	50	66	134	207	311	387	434	446	413	351	223	
Jaguaruana	102	52	70	136	208	310	387	435	449	418	353	224	
Itaíçaba	102	54	72	138	209	312	388	436	450	419	354	224	
Média	102	53	71	137	208	311	387	436	450	419	354	224	

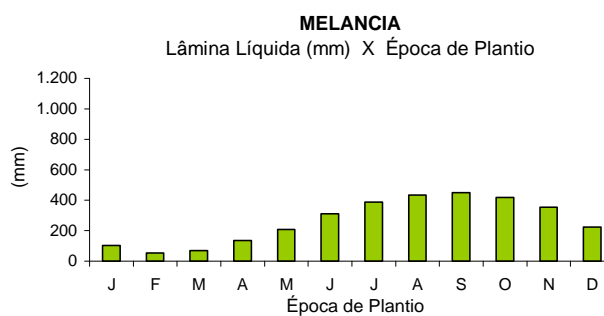


FIGURA 41 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da melancia.

TABELA 52 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do melão.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	60	35	71	141	214	311	379	423	422	389	317	172
São João Jaguaribe												
Tabuleiro do Norte	71	48	81	142	220	316	383	424	427	396	318	175
Morada Nova	73	49	83	147	222	316	386	430	437	410	328	179
Limoeiro do Norte	61	36	70	141	219	316	382	422	419	386	315	170
Quixeré	61	34	65	137	216	315	380	421	418	384	313	171
Russas	60	35	68	140	217	315	381	422	419	386	316	171
Jaguaruana	63	38	72	142	218	315	381	423	423	390	317	172
Itaíçaba	65	41	75	143	220	316	383	424	424	392	319	172
Média	64	39	73	142	218	315	382	424	424	392	318	173

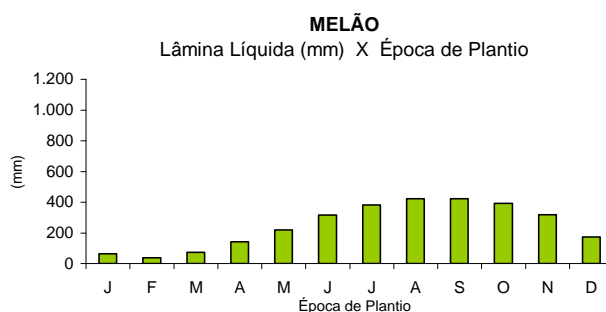


FIGURA 42 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do melão.

TABELA 53 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do milho.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	91	41	112	233	350	496	585	632	614	538	411	227
São João Jaguaribe	97	49	117	241	355	502	589	636	621	543	416	229
Tabuleiro do Norte	103	58	120	244	355	502	589	635	622	541	415	230
Morada Nova	106	61	125	248	358	505	594	645	638	558	429	236
Limoeiro do Norte	91	41	111	237	356	501	587	629	610	534	407	225
Quixeré	90	36	105	230	352	498	585	628	608	531	405	224
Russas	90	39	109	234	354	500	586	629	611	535	408	225
Jaguaruana	94	44	113	237	354	500	587	632	616	539	411	227
Itaíçaba	95	48	116	241	356	503	589	633	618	540	412	227
Média	95	46	114	238	354	501	588	633	617	540	413	228

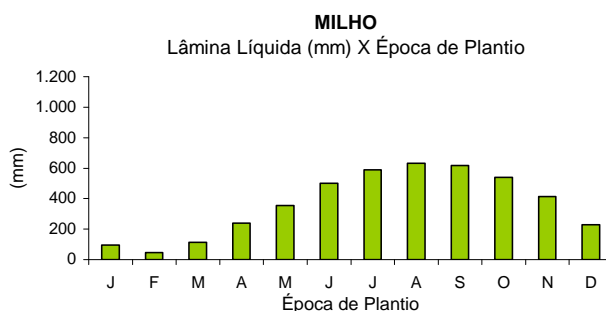


FIGURA 43 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do milho.

TABELA 54 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da pimenta.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	106	137	244	397	540	702	780	793	724	591	408	196
São João Jaguaribe												
Tabuleiro do Norte	127	149	253	405	547	709	787	800	728	597	418	214
Morada Nova	131	154	258	408	551	716	798	818	748	614	431	220
Limoeiro do Norte	105	136	246	403	546	706	779	789	718	586	406	196
Quixeré	99	129	240	397	542	703	777	786	715	584	404	194
Russas	103	134	244	400	544	705	779	789	719	587	406	196
Jaguaruana	109	138	247	401	544	706	782	795	724	591	410	200
Itaíçaba	113	141	250	405	547	709	784	797	726	593	412	203
Média	112	140	248	402	545	707	783	796	725	593	412	202

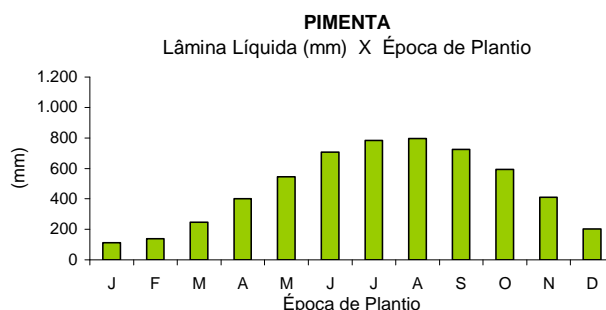


FIGURA 44 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da pimenta.

TABELA 55 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do pimentão.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo	48	77	166	297	418	556	635	660	612	512	363	159
São João Jaguaribe												
Tabuleiro do Norte	67	92	172	304	422	563	640	665	618	516	369	166
Morada Nova	69	95	177	308	425	567	648	678	635	532	380	171
Limoeiro do Norte												
Quixeré	45	70	161	296	421	558	634	655	605	506	359	158
Russas	47	74	165	299	422	560	636	657	608	509	361	158
Jaguaruana	52	80	167	301	422	561	637	661	613	513	364	160
Itaíçaba	55	83	170	304	424	563	639	662	615	514	365	161
Média	55	82	168	301	422	561	639	663	615	515	366	162

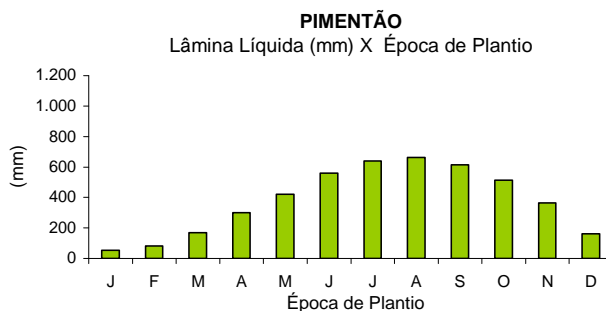


FIGURA 45 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do pimentão.

TABELA 56 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do quiabo.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo												
São João Jaguaribe	202	305	460	651	798	932	958	911	754	574	389	227
Tabuleiro do Norte												
Morada Nova												
Limoeiro do Norte												
Quixeré												
Russas												
Jaguaruana												
Itaíçaba												
Média	202	305	460	651	798	932	958	911	754	574	389	227

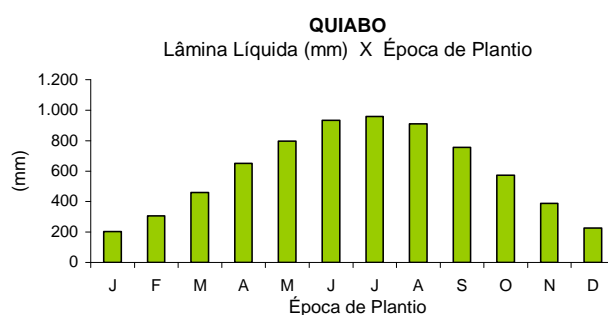


FIGURA 46 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do quiabo.

TABELA 57 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da soja.

Município	Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Alto Santo												
São João Jaguaribe												
Tabuleiro do Norte												
Morada Nova												
Limoeiro do Norte	84	101	189	330	458	604	685	710	659	562	419	211
Quixeré												
Russas												
Jaguaruana												
Itaíçaba												
Média	84	101	189	330	458	604	685	710	659	562	419	211

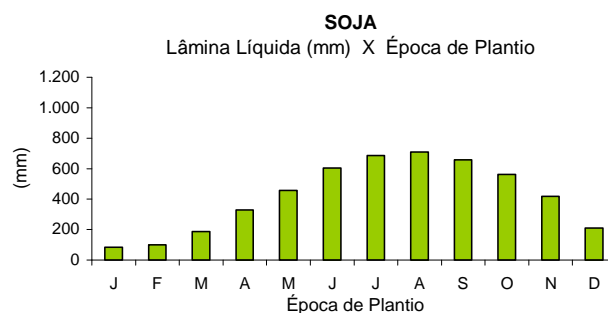


FIGURA 47 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura da soja.

TABELA 58 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do sorgo.

SORGO		Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	77	99	187	323	449	595	679	706	656	558	411	200	
São João Jaguaribe	87	108	193	330	455	602	684	712	663	563	416	205	
Tabuleiro do Norte	96	115	194	331	454	602	684	711	663	561	417	208	
Morada Nova	99	119	200	335	456	606	692	725	682	578	429	214	
Limoeiro do Norte	78	99	187	328	456	600	680	703	651	553	408	199	
Quixeré	75	92	181	323	453	597	678	701	648	550	407	199	
Russas	77	96	185	325	454	598	679	703	652	554	409	200	
Jaguaruana	82	102	189	327	454	599	681	707	657	558	412	202	
Itaíçaba	85	106	192	331	456	602	683	708	659	559	413	203	
Média	84	104	190	328	454	600	682	708	659	559	414	203	

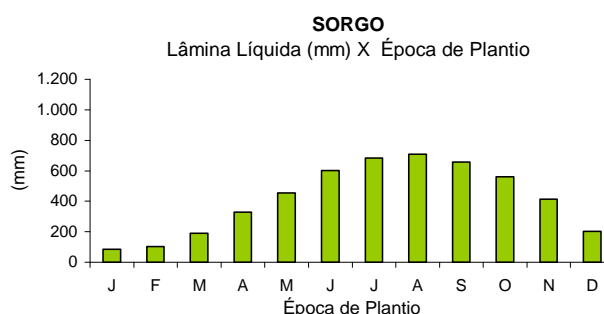


FIGURA 48 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do sorgo.

TABELA 59 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do tomate.

TOMATE		Lâmina Líquida (mm/ciclo)											
Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Alto Santo	144	208	332	506	653	812	877	874	764	607	417	214	
São João Jaguaribe													
Tabuleiro do Norte	164	221	343	513	660	821	885	881	770	615	428	234	
Morada Nova	169	227	348	517	665	830	900	902	792	633	441	241	
Limoeiro do Norte	143	208	336	512	659	816	876	869	758	602	415	213	
Quixeré	136	201	329	508	655	812	873	866	754	600	413	209	
Russas	141	206	333	510	657	814	875	870	759	603	416	212	
Jaguaruana	148	211	336	511	658	817	879	875	764	608	420	218	
Itaíçaba	152	215	340	514	661	820	882	878	766	610	422	222	
Média	150	212	337	511	658	818	881	877	766	610	422	220	

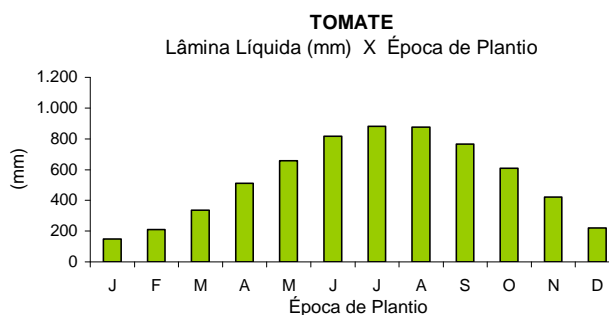


FIGURA 49 – Necessidade de irrigação (lâmina líquida) por ciclo de produção, em função da época de plantio da cultura do tomate.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)