

INDICADORES DE DECISÃO PARA ALOCAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO BAIXO JAGUARIBE, CEARÁ

Rubens Sonsol Gondim¹; Rogério César Pereira de Araújo²; Adunias dos Santos Teixeira³

RESUMO --- Foram consideradas todas as áreas de irrigação difusa e perímetros irrigados que captam água diretamente no rio, abrangendo um trecho de 160 km do baixo Jaguaribe, Ceará. O objetivo do presente trabalho foi propor e analisar indicadores de decisão para alocação de água para a agricultura irrigada, considerando-se a variabilidade das necessidades hídricas das diversas espécies cultivadas ao longo do tempo e espaço, bem como os respectivos benefícios gerados. Foram utilizados como indicadores de decisão para mensurar produtividade da água: produção física por unidade de água (kg.m^{-3}); valor bruto de produção médio por unidade de água (VBP. m^{-3}); valor líquido da produção por unidade de água (VLP. m^{-3}). Em termos de produção física por volume de água aplicado (kg.m^{-3}), a cultura mais eficiente foi melancia, seguida pelo tomate, melão, banana e pimenta, respectivamente. Já considerando-se os benefícios gerados (VLP. m^{-3}), a cultura de maior destaque foi a cana, seguida pela pimenta. Os indicadores de decisão propostos são dinâmicos, sujeitos aos métodos de irrigação utilizados em cada cultura e às variações de preços dos produtos. No entanto podem funcionar como poderosa ferramenta de decisão na alocação de água de irrigação numa situação de escassez.

ABSTRACT --- It has been considered all irrigated diffuse areas and irrigated perimeters, which pump water directly from the river, involving 160 km of low Jaguaribe, Ceará. The purpose of this task was to propose and analyse decision indicators for water allocation to irrigated agriculture, considering the variety of crop water needs through time and space, as well as analyse the generated benefits. It has been used as indicators to measure the water productivity: product per unit of water (kg.m^{-3}); gross value of product per unit of water (GV. m^{-3}); net value per unit of water (NV. m^{-3}). Considering physical production, the most efficient crop was water melon, followed by tomatoes, melon, banana and pepper, respectively. Considering the net benefits (NV. m^{-3}), the most relevant crop was sugar cane, followed by pepper. The proposed decision indicators are dynamics, dependable of irrigation technology used and product market price variation. On the other hand, they may be used as powerful tool on irrigation water allocation decision in a scarcity situation.

Palavras-chave: recursos hídricos, critérios, eficiência.

1) Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical. Estudante de Doutorado em Recursos Hídricos da UFC. Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Fortaleza, CE. 60.511- 740. e-mail: Rubens@cnpat.embrapa.br.

2) Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará. e-mail: r.araujo@ufc.br

3) Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará: adunias@ufc.br

1 - INTRODUÇÃO

À medida que a escassez toma conta do cenário, o gerenciamento dos recursos hídricos torna-se imprescindível, objetivando-se evitar o conflito entre usuários de mesmo uso e de uso múltiplo, bem como ajudar na promoção da segurança hídrica, ou seja, manutenção de suficiência do recurso ou meios para reduzir os danos da escassez (Winpenny, 2000) e manutenção da equidade de acesso ao recurso, além da exploração ambiental e economicamente sustentável.

Segundo o World Bank (Banco Mundial) (2000) a agricultura consome 70%, a indústria 22% e o uso doméstico 8% da água doce utilizada no planeta. A agricultura irrigada no Brasil consome 59% da água doce utilizada no País (Cristofidis, 1999). Sendo a água um recurso natural escasso e limitado, dotado de valor econômico, seu uso racional torna-se fundamental.

A agricultura irrigada possui grande importância na geração de emprego e renda e no desenvolvimento da zona rural, por outro lado, enfrenta cada vez mais, a competição do uso da água pelos demais setores usuários. Diante de seu uso preponderante e da necessidade de se gerenciar a água de uma forma holística, há necessidade de se otimizar a alocação entre diferentes usuários, através do desenvolvimento de ferramentas para ajudar aos tomadores de decisão a resolver problemas alocativos e assegurar o desenvolvimento sustentável (Hall, 1999).

Diante da demanda crescente pelos diferentes setores usuários dos recursos hídricos há necessidade de se avançar nos critérios e hierarquização de prioridades na alocação. Brewer *et al.* (1997) consideram critérios de alocação de água como ferramenta para facilitar a decisão e para reduzir conflitos.

Allan (1999) orienta que o aumento da eficiência no uso da água pode ser alcançado através de duas abordagens: abordagem técnica, empregando-se tecnologias mais eficientes ou pelo manejo de aplicação da água mais eficiente. Outra forma de eficiência no uso da água é a aplicação de princípios conhecidos como *eficiência alocativa*.

A eficiência na alocação da água para uso múltiplo só se torna possível quando as necessidades de água dos diversos setores e usuários são conhecidas, ao longo do tempo e espaço.

O objetivo do presente trabalho é propor e analisar indicadores de alocação de água para a agricultura irrigada para o baixo Jaguaribe, considerando-se a variabilidade das necessidades hídricas das diversas espécies cultivadas ao longo do tempo e espaço, bem como os respectivos benefícios gerados, identificando-se oportunidades para o aperfeiçoamento da alocação da água de irrigação, dentro do contexto de uma bacia hidrográfica.

Apresenta-se neste trabalho um levantamento das necessidades hídricas das culturas irrigadas no baixo Jaguaribe, Ceará. A análise é acompanhada de indicadores de decisão para alocação de água.

2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A bacia hidrográfica do Jaguaribe ocupa uma área de 74.621km², cerca de 48% do território cearense, (estando subdividida em cinco sub-bacias: Salgado, Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe e Banabuiú). As sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe, objeto desse estudo, são de grande importância econômica e ambiental para o Vale do Jaguaribe e Estado do Ceará, por abrangerem grandes perímetros públicos de irrigação (Jaguaribe-Apodi, Santo Antônio de Russas e Jaguaruana), por estarem entre os maiores pólos estaduais de criação de camarão (em crescimento acelerado), e por derivarem as águas do Rio Jaguaribe para o abastecimento urbano e industrial da região do Jaguaribe e Região Metropolitana de Fortaleza. (Figueiredo *et al.*, 2003).

Neste trabalho foram consideradas todas as áreas de irrigação difusa e perímetros irrigados que captam água diretamente no rio. O trabalho abrange um trecho de 160 km do rio Jaguaribe, envolvendo os seguintes municípios: Alto Santo, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Itaiçaba, Quixeré e Russas.

Os principais usos de água na região em estudo, por ordem de volume requerido de água, são irrigação, carcinicultura de água doce, consumo humano, piscicultura e consumo industrial. O volume total mensal de água estimado para atender aos diferentes usos em 2002 foi de 31,8 milhões de m³/mês (Quadro 1).

Quadro 1 – Demanda hídrica pelos diferentes usos na região do Baixo Jaguaribe - 2002

Usos Consuntivos	Volume requerido (m ³ /mês)	Participação de cada uso (%)
Irrigação	23.218.228,17	72,94
Carcinicultura	7.207.050,69	22,64
Consumo Humano	912.646,84	2,87
Piscicultura	307.485,90	0,97
Consumo Industrial	187.392,48	0,59
TOTAL	31.832.804,08	100,00

Fonte: Figueiredo *et al.* (2003).

Quanto à tecnologia de irrigação adotada, Gondim et al. (2004) levantaram os métodos (superficial, convencional ou localizado) e sistemas (inundação, sulcos, faixa, microbacias, aspersão, pivot, microaspersão ou gotejamento) de irrigação adotados na Região, respectivas áreas irrigadas, culturas e distribuição da atividade nos municípios envolvidos. Observou-se que

o maior percentual de área é representado pela irrigação por inundação, seguido pela microaspersão; aspersão; pivot; gotejamento; sulco e faixa (Quadro 2).

Os sistemas de irrigação por superfície (inundação, sulco, faixa e microbacias) representam, portanto, significativa área e demandam maiores volumes de água por unidade de área, merecendo atenção especial numa estratégia de gestão de recursos hídricos, considerando-se também que a melhoria no processo de gestão da água de irrigação em cada parcela causa impacto positivo na gestão do recurso hídrico na bacia. Note-se no entanto, que a experiência de irrigação no Vale teve início nos anos 70, com irrigação por superfície. Entretanto, apesar de ter sido implementada somente no início dos anos 90, a irrigação localizada compreende atualmente aproximadamente 30% da área irrigada.

Quadro 2 - Sistemas de irrigação, área irrigada e número de irrigantes.

Sistemas de Irrigação	Área Total (ha)	% Área	Total Irrigantes	% Irrigantes
Aspersão	771,80	14,37	275	20,91
Faixa	77,84	1,45	70	5,32
Gotejamento	429,75	8,00	56	4,26
Inundação	2.132,82	39,70	584	44,41
Microaspersão	1.130,80	21,05	27	2,05
Microbacias	35,50	0,66	24	1,83
Pivot Central	465,00	8,66	1	0,08
Sulco	328,31	6,11	278	21,14
TOTAL	5.371,82	100,00	1.315	100,00

Fonte: COGERH (2002).

As principais culturas da região, em termos de área irrigada, incluindo aquela irrigada com água do Canal do Trabalhador (Quadro 3) são: o arroz, seguido pelo feijão, em terceiro o milho, em quarto o capim e em quinto a banana. Foram identificadas 36 culturas exploradas com irrigação na Região do Baixo Jaguaribe, totalizando uma área de 7.559 ha, quando se inclui a área irrigada com água transportada pelo canal do trabalhador (Barbosa, 2005).

Quadro 3 – Áreas plantadas na Região do Baixo Jaguaribe por cultura e município, incluindo-se a demanda atendida pelo canal do trabalhador.

Cultura	Áreas Plantadas (ha)										
	Alto Santo	São João do Jaguaribe	Tabuleiro do Norte	Morada Nova	Limoeiro do Norte	Quixeré	Russas	Jaguaruana	Itaicaíba	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	81,2	5,3	-	888,0	4,3	5,6	18,1	-	-	1.008,6
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	778	436	3	3.827	59	584	847	77	721	7.559

Fonte: Barbosa (2005).

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Necessidades hídricas na escala da parcela irrigada

A alocação de água para irrigação depende das necessidades hídricas da cultura, método de irrigação adotado e dos fatores climáticos, tais como temperatura, vento, radiação solar e umidade relativa do ar, os quais interferem na evapotranspiração da planta. Cada método de irrigação possui uma eficiência de irrigação aceitável e seu desempenho é influenciado tanto pelo dimensionamento hidráulico adequado, como pela correta operacionalização do sistema. O

resultado é refletido na eficiência do uso da água 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).

A evapotranspiração das culturas pode ser estimada pelos coeficientes de cultivo (K_c) para os diferentes estádios fenológicos, através da expressão apresentada por Dorenbos & Pruitt (1977):

$$ET_c = ETo \times K_c \quad (1)$$

em que:

ET_c – evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

ETo - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

K_c – coeficiente de cultivo da cultura.

Desta forma, o conhecimento das necessidades hídricas das espécies irrigadas, estimado pelo coeficiente de cultivo (K_c) e evapotranspiração de referência (ETo), é de fundamental importância para uma gestão sustentável dos recursos hídricos em nível de uma bacia hidrográfica, assim como as culturas que são irrigadas, épocas de plantio e métodos de irrigação utilizados (Gondim *et al.* 2005).

Foram utilizados os dados estimados por Barbosa *et al.* (2005) para a evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação efetiva (P_{ef}), o qual usou a técnica de interpolação dos dados pelo *Método do Inverso do Quadrado da Distância* (IQD) (Quadros 4 e 5). Mapas com as isolinhas de P_{ef} e ETo junto com a localização das áreas irrigadas, estações meteorológicas, postos pluviométricos e os limites municipais da região do Baixo Jaguaribe, foram elaborados através do software ArcView GIS 3.2.

Quadro 4 - Precipitação efetiva (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
Itaigaba	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
Jaguaratama	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

Fonte: Barbosa *et al.* (2005).

Quadro 5 - 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

Fonte: Barbosa *et al.* (2005).

O Quadro 6 apresenta os valores de Kc contendo as durações dos estádios e o coeficiente de cultivo dos estádios inicial, intermediário e final das culturas identificadas na região. Estes foram extraídos de uma base de dados, disponível na página eletrônica da EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL (2006).

Quadro 6 - Banco de dados do coeficiente da cultura (Kcs) para as culturas irrigadas do Estado do Ceará.

CULTURAS	Coeficientes de Cultivo (Kc)									Município de determinação	Autor
	FASE 1	DAP**	FASE 2	DAP**	FASE 3	DAP**	FASE 4	DAP**	Método de determinação		
ACEROLA	0,73	30	0,88	31-60	1,00	61-120	1,39	121-180	*	Fortaleza - CE	Martins Neto (1997)
ABACAXI	0,65	60	0,65-1,05	61 -414	1,05	415-475	0,93	476-567	Lisímetro de precisão ETo Lisímetro	Paraipaba-CE	Pontes (2002)
ARROZ	1,05	30	1,20	31-60	0,90 – 0,60			61-120	*	*	Allen et al. (1998) modificado
BANANA 1º ANO	0,7	240	1,1					241-360	ETo – Tanque Classe A Balanço Hídrico	Petrolina - PE	Bassoi et al (2001)
BANANA 2º ANO	1,1	361-450	0,9					451-final	ETo – Tanque Classe A Balanço Hídrico	Petrolina - PE	Bassoi et al (2001)
CAJU 1º ano	0,5							-	*	Paraipaba -CE	Oliveira et al. (2003)
CAJU 2º ano	0,55							-	*	Paraipaba -CE	Oliveira et al. (2003)
CAJU 3º ano	0,55							-	*	Paraipaba -CE	Oliveira et al. (2003)
CAJU 4º ano	0,60							-	*	Paraipaba -CE	Oliveira et al. (2003)
CAJU ≥ 5º ano	0,65							-	*	Paraipaba -CE	Oliveira et al. (2003)
CANA	0,4	60	1,25			61-300	0,75	301-final	ETo - FAO Penmann-Monteith	*	Allen et al. (1998)
CAPIM DE CORTE	0,4	*	1,25	*	*	*	0,75		ETo - FAO Penmann-Monteith	*	Allen et al. (1998)
CAPIM DE PISOTEIO	*	90	*	91-180	1,00	181-270	*	271-final	*	*	Mendes (1997)
CEBOLA	0,7	*	0,85	*	1,05	*	0,75	*	*	*	Marouelli e Silva (2001)
FEIJÃO VERDE	0,75			0-30	1,20			31-60	*	*	Mendes (1997)

* Dados não disponíveis; ** Dias após o plantio

CULTURAS	Coeficientes de Cultivo (Kc)									Município de determinação	Autor
	FASE 1	DAP**	FASE 2	DAP**	FASE 3	DAP**	FASE 4	DAP**	Método de determinação		
GOIABA	0,74	17-67 (dias após a poda)	0,84	68-109 (dias após a poda)	0,82	110-172 (dias após a poda)	0,72	173-193 (dias após a poda)	Balanço hídrico ETo Penman-Monteith	Petrolina-PE	Ferreira (2004)
MAMÃO	0,54	84-107	0,87	115-260	0,91	267-380			Balanço Hídrico ETo Penman-Monteith	Paraipaba-CE	Montenegro (2002)
MANGA	0,71								Balanço Hídrico ETo Penman-Monteith	Petrolina-PE	Azevedo et al (2002)
MELANCIA	0,41	23	0,41-1,36	24-36	1,36	37-55	0,71	56-70	Lisímetro de precisão ETo Penman-Monteith.	Paraipaba-CE	Oliveira (1999)
MELÃO	0,21	22	1,20	23-40	1,20	41-58	0,97	59-66	Lisímetro de Precisão ETo Penman-Monteith	Paraipaba-CE	Miranda, F.R. Bleicher, E. (2001)
MILHO VERDE	0,7	30	1,1	31-60	0,95			61-90	*	Baixo Jaguaribe-CE	Mendes (1997)
PIMENTA	0,3	30	0,30-1,20	31-90	1,20	90-130	1,20-0,60	130-180	Lisímetro de precisão ETo Penman-Monteith	Paraipaba-CE	Miranda et al. (2005)
PIMENTÃO	0,55	30	0,8	31-60	1,05	61-90	0,9	91-120	*	Allen et al. (1998) citado por Marouelli e Silva (2001)	
QUIABO	0,5	0-30	0,8	31-60	1,0	61-150	0,3	151-180	Lisímetro de Precisão	Campos dos Goytacazes-RJ	Paes et al (2003)
SORGO	0,4	30	0,75	31-60	1,10	61-90	0,8	91-120	*	*	Mendes (1997)
TOMATE	0,7	60	1,1	61-90	0,6			91-120	*	*	Mendes (1997)
UVA (<i>Vitis vinifera</i> L.) cv.Itália	0,6	20	0,7	21-59	1,15	60-99	0,65	100-117	Balanço hídrico ETo FAO-Penman Monteith	Petrolina-PE	Teixeira et al. (1999)

- Dados não disponíveis; ** Dias após o plantio; *** cultivo protegido com cobertura plástica do 32° ao 76° dia.

Fonte: EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL (2006).

Embora do ponto de vista agrônômico 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, 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 (Barbosa, 2005).

Para estimativa das necessidades de água para irrigação, foram considerados os valores de Ea constatados na revisão de literatura e eficiência de condução (Ec) de 90% para todos os métodos de irrigação.

Quadro 7 – Eficiência de aplicação e eficiência final para os diversos sistemas de irrigação

Sistemas de Irrigação	Eficiência de Aplicação (Ea) em %	Referência Bibliográfica	Eficiência Final (Ea x Ec) (%)
Inundação	51	Colares (2004)	46
Faixa	60	Estimado	54
Bacia	63	Estimado	57
Sulco	67	Castro (1997)	60
Aspersão Convencional	71	Ramos et al. (2003)	64
Pivô Central	76	Gomes (1999)	68
Microaspersão	79	Ramos et al. (2003)	71
Gotejamento	79	Ramos et al. (2003)	71

Fonte: Barbosa (2005).

Foram utilizadas as lâminas de irrigação líquidas necessárias por ano para as diversas culturas identificadas na sub-bacia (Quadros 8 e 9).

Quadro 8 – Lâminas de irrigação líquidas anuais (mm) para as culturas perenes, considerando-se os parâmetros climáticos dos municípios analisados.

Cultura	L. Líquida (mm/ano)	Cultura	L. Líquida (mm/ano)
Açaí	1.565	Forragem	1.634
Acerola	1.663	Goiaba	990
Atemóia, Graviola e Pinha	1.409	Hortaliças	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	1.111
Coco	1.565	Uva	1.378
Figo	1.565		

Fonte: Barbosa (2005).

Quadro 9 – Lâminas líquidas de irrigação (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	1.222,9	1.235,7	1.186,7	1.063,3	926,2	796,9	748,2	287,9	225,7	167,3	106,3	40,8
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	22,4	33,9	51,1	72,3	88,6	103,6	106,4	101,2	83,8	63,8	43,2	25,2
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.
Mandioca apenas no 1º ano.

Fonte: Barbosa (2005).

Considerando-se a eficiência final (Quadro 7), as necessidades de irrigação líquidas (Quadro 8 para culturas perenes e Quadro 9 para semi-perenes e anuais), foram estimadas as necessidades hídricas brutas (NHB). Para as semi-perenes e anuais, considerou-se as épocas de plantio irrigado tradicionalmente adotadas na região (arroz, feijão, milho, melancia, pimentão e tomate em agosto; pimenta em março).

3.2. A tomada de decisão como meio para melhoria da eficiência alocativa

O objetivo da tomada de decisão na alocação de recursos hídricos é o cumprimento da legislação vigente, quanto aos usos prioritários em períodos de escassez, resolução de possíveis

conflitos e proposição de critérios adicionais para os casos não previstos no marco legal, buscando-se melhoria na eficiência, equidade de acesso e sustentabilidade social, econômica e ambiental.

A tomada de decisão requer uma avaliação prévia, envolvendo julgamento das possíveis consequências e este julgamento está associado aos valores e regulamentos estabelecidos pelo marco legal e institucional. Além disso, a participação popular, através dos comitês de bacias, preenche e valida os critérios omissos ou não previstos na legislação.

As dificuldades iniciais de qualquer processo de tomada de decisão estão na identificação dos critérios que determinam os efeitos relevantes, a forma de medir estes efeitos e o peso de cada um deles dentro deste processo. O entendimento destas relações possibilita a escolha de uma alternativa que conduza ao melhor resultado (Bruck *et al.* (1966) citado por Furtado (1998)).

Hussain (2005) citado por Turrall & Cook (2006) propõe indicadores de decisão para se mensurar produtividade da água: produção física por unidade de água (kg.m^{-3}); valor bruto de produção médio por unidade de água (VBP. m^{-3}); valor líquido da produção por unidade de água (VLP. m^{-3}). Entende-se por valor bruto da produção o total de receita monetária obtida num cultivo e valor líquido da produção, o valor bruto da produção subtraído dos respectivos custos.

Tais indicadores foram calculados para as culturas mais representativas em termos de área irrigada, no baixo Jaguaribe, a partir das Necessidades Hídricas Brutas de cada cultura. O custo de produção foi atualizado, a partir dos índices em Orçamentos Agropecuários do Estado do Ceará (BANCO DO NORDESTE, 1996). Considerando-se o preço de mercado, foram calculados os valores brutos e líquidos da produção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as necessidades hídricas brutas totais ($\text{m}^3.\text{ano}^{-1}$) das culturas perenes, semi-perenes e anuais, calculadas a partir das necessidades hídricas líquidas, considerando-se as eficiências de irrigação finais (eficiência de aplicação x eficiência de condução) do Quadro 7, a área total irrigada para cada cultura na sub-bacia do baixo Jaguaribe e respectivo método de irrigação adotado. Encontra-se representada graficamente na Figura 1.

A Tabela 2 e Figura 2 apresentam os indicadores de decisão propostos para alocação de água de irrigação em diversas alternativas de cultivos.

TABELA 1 – Necessidade Hídrica Líquida (NHL) das culturas e Necessidade Hídrica Bruta (NHB), considerando as eficiências finais de irrigação das culturas perenes, semi-perenes e anuais, bem como as respectivas áreas.

CULTURAS PERENES													
Culturas	NHL (mm/ano)	Inundação Eficiência: 0,46		Sulco Eficiência: 0,60		Aspersão Eficiência: 0,64		Pivô Eficiência: 0,68		Localizada Eficiência: 0,71		Área Total (ha)	NHB TOTAL (m³/ano)
		Área (ha)	NHB (m³/ano)	Área (ha)	NHB (m³/ano)	Área (ha)	NHB (m³/ano)	Área (ha)	NHB (m³/ano)	Área (ha)	NHB (m³/ano)		
Açaí	1.565									9	198.101	9	198.101
Acerola	1.663									78	1.824.388	78	1.824.388
Anonáceas	1.409	2	61.394							72	1.426.835	74	1.488.230
Banana	1.565	116	3.955.120	49	1.271.725	9	220.423			845	1.469.361	1019	6.916.628
Caju	1.017			1	16.866	1	15.915			736	10.527.595	738	10.560.376
Cana	1.634	14	498.388			1	25.571				0	15	523.959
Capim	1.174	235	6.010.675	54	1.051.343	42	771.643	94	129.181	3	49.536	428	8.012.379
Citros	1.259	85		35	730.763					4		124	730.763
Coco	1.565	2	68.192	1	25.954	2	48.983			96	2.113.080	101	2.256.208
Figo	1.565									1	22.011	1	22.011
Forragem	1.634	3	106.797	1	27.098	5	127.856					9	261.751
Goiaba	990	6	129.412	6	98.507	8	79.200			121	1.684.810	141	1.991.929
Hortaliças	1.565					2	48.983					2	48.983
Mamão	1.760									6	148.523	6	148.523
Manga	1.111	3	72.614	1	18.425		0			127	1.984.487	131	2.075.526
Maracujá	1.080					4	21.600					4	21.600
Ornamentais	1.565					1	24.491					1	24.491
Sapoti	1.111			1	18.425					10	156.259	11	174.683
Uva	1.378					1	21.565			22	426.385	23	447.950
SUBTOTAL												2.892	37.728.481
ANUAIS E SEMI-PERENES													
Arroz	1.081,0		31.582.157		1.103							1346	31.583.260
Feijão	416,7	1.341	880.608	5	525.042		4.095.268		28.304		380.949	960	5.910.171
Melancia	435,5	97		126	21.667	628	13.631	44		65	398.136	70	433.434
Melão	423,5			3		2	6.628			65	720.724	122	727.352
Milho (grão)	633,1		165.516		62.995	1	178.338		10.538.026	121	133.565	900	11.078.441
Pimenta	247,7	12	5.397	6	20.539	18		849		15	17.419	11	43.355
Pimentão	662,7	1		5						5	55.924	6	55.924
Tomate	876,8									6	24.664	2	24.664
SUBTOTAL												3.417	49.856.600
TOTAL												6.309	50.304.550

TABELA 2 – Indicadores de decisão para alocação de água.

Culturas Irrigadas	CP (R\$/ha)	Produção (kg/ha)	Preço (R\$/kg)	RB (R\$/ha)	RL (R\$/ha)	NHBTOTAL (m³/ano)	ÁREA TOTAL (ha)	PRODUÇÃO (kg)	kg/m³	VBP	VBP/m³	VLP	VLP/m³
Anonáceas	3.795	10.600	1,194	12.656	8.861	1.488.230	74	784.400	0,53	936.574	0,63	655.744	0,44
Banana	3.812	25.000	0,204	5.100	1.288	6.916.628	1019	25.475.000	3,68	5.196.900	0,75	1.312.472	0,19
Caju:													0,00
Castanha	1.750	2.093	1,1	2.303	553	10.560.376	738	1.544.929	0,15	1.699.422	0,16	407.922	0,04
Pedúnculo	1.750	16.747	0,1	1.675	-75	10.560.376	738	12.359.286	1,17	1.235.929	0,12	-55.571	-0,01
Cana	2.300	1.040	30	31.200	28.900	523.959	101	105.040	0,20	3.151.200	6,01	2.918.900	5,57
Goiaba	4.475	35.500	0,405	14.378	9.903	1.991.929	131	4.650.500	2,33	1.883.453	0,95	1.297.228	0,65
Mamão	1.913	16.000	0,228	3.648	1.735	148.523	6	96.000	0,65	21.888	0,15	10.410	0,07
Manga	7.361	16.000	2,368	37.888	30.527	2.075.526	11	176.000	0,08	416.768	0,20	335.797	0,16
Maracujá	6.500	3.000	0,54	1.620	-4.880	21.600	23	69.000	3,19	37.260	1,73	-112.240	-5,20
Uva	21.507	29.000	1,67	48.430	26.923	447.950	23	667.000	1,49	1.113.890	2,49	619.229	1,38
Arroz	2.907	5920	0,55	3.256	349	31.583.260	1346	7.968.320	0,25	4.382.576	0,14	469.754	0,01
Feijão	1.485	1500	1,41	2.115	630	5.910.171	960	1.440.000	0,24	2.030.400	0,34	604.800	0,10
Melancia	6.091	40000	0,186	7.440	1.349	433.434	70	2.800.000	6,46	520.800	1,20	94.430	0,22
Melão	11.917	28000	0,61	17.080	5.163	727.352	122	3.416.000	4,70	2.083.760	2,86	629.886	0,87
Milho (grão)	1.845	5000	0,4	2.000	155	11.078.441	900	4.500.000	0,41	1.800.000	0,16	139.500	0,01
Pimenta	9.019	14000	1,75	24.500	15.481	43.355	11	154.000	3,55	269.500	6,22	170.291	3,93
Pimentão	6.014	20000	0,59	11.800	5.786	55.924	6	120.000	2,15	70.800	1,27	34.716	0,62
Tomate	10.860	60000	0,35	21.000	10.140	24.664	2	120.000	4,87	42.000	1,70	20.280	0,82

CP é o custo de produção;

RB e RL são receita bruta e receita líquida;

kg/m³ refere-se à produção física em kg por m³ de água aplicado;

VBP é o valor bruto da produção em R\$1,00;

VBP/m³ refere-se ao valor bruto da produção física em kg por m³ de água aplicado;

VLP é o valor líquido da produção em R\$1,00;

VLP/m³ refere-se ao valor líquido da produção física em kg por m³ de água aplicado.

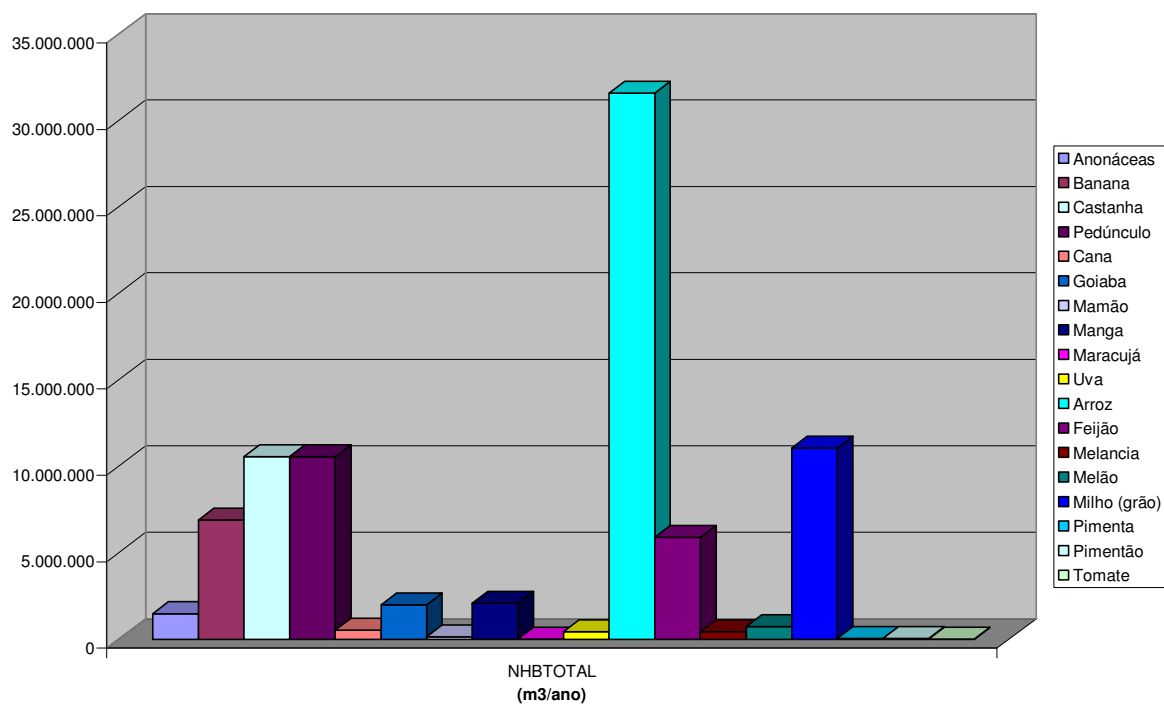


Figura 1 - Necessidade Hídrica Bruta (NHB) anual das principais culturas irrigadas no baixo Jaguaribe.

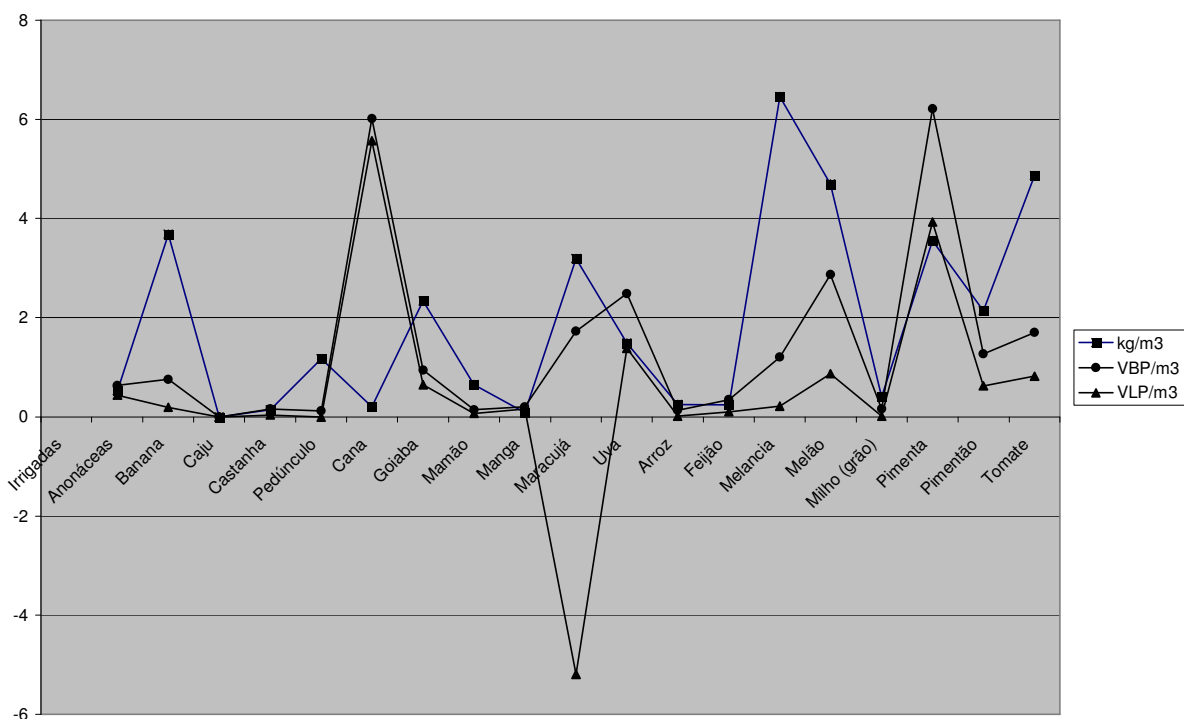


Figura 2 – Indicadores de decisão para alocação de água das diversas culturas irrigadas.

Em termos de produção física por volume de água aplicado ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), a cultura mais eficiente foi melancia, seguida pelo tomate, melão, banana e pimenta, respectivamente. Já se considerando-se

os benefícios gerados (VLP.m^{-3}), a cultura de maior destaque foi a cana, seguida pela pimenta. Em função dos baixos preços pagos ao maracujá e pedúnculo de caju, os indicadores se apresentam com sinal negativo (Figura 2). Como se pode observar os indicadores propostos dependem da cultura, da eficiência de irrigação e valor da produção. Este por sua vez está sujeito às oscilações de mercado.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- 4.1. um sistema de indicadores desta natureza permite o planejamento da alocação de água numa bacia;
- 4.2. os indicadores de decisão propostos são dinâmicos, sujeitos aos métodos de irrigação utilizados em cada cultura e às variações de preços dos produtos. No entanto podem funcionar como poderosa ferramenta de decisão na alocação de água de irrigação numa situação de escassez do recurso hídrico;
- 4.3. na escassez, os indicadores podem ainda funcionar como base para elegibilidade de irrigantes que teriam prioridade de acesso ao recurso e aqueles que teriam mais aptidão para se absterem de irrigar, sendo portanto, passíveis de serem compensados por abrirem mão de suas receitas;
- 4.4. com os dados utilizados neste trabalho, a cultura de maior destaque foi a cana com benefício gerado de $\text{R\$}5,57.\text{m}^{-3}$ de água aplicado na irrigação, seguido da pimenta com $\text{R\$}3,93.\text{m}^{-3}$ de água aplicado na irrigação. Os resultados sinalizam que não deveria ter sido alocada água para produção de pedúnculo de caju nem maracujá, nesta safra por apresentarem benefícios negativos com os preços praticados na safra.

BIBLIOGRAFIA

ALLAN, T. *Productive and allocative efficiency: why better water management may not solve the problem*. Agricultural Water Management, v. 40, n.1-2, p. 71-75, 1999.

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

AZEVEDO, P.V. de; SILVA, B.B. da; SILVA, V.P.R. da. *Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil*. Agricultural Water Management. v.58, p.241-254. 2003.

BANDO DO NORDESTE DO BRASIL. *Orçamentos agropecuários, Estado do Ceará*. Fortaleza, 1996. 180 p.

BARBOSA, F. C.; TEIXEIRA, A. dos S.; GONDIM, R. S. *Espacialização da evapotranspiração de referência e precipitação efetiva para estimativa das necessidades de irrigação na região do Baixo Jaguaribe – CE*. Revista Ciência Agronômica, v. 36, n. 1, Jan-Abr., p. 24-33, 2005.

BARBOSA, F. C. *Estimativa das necessidades de irrigação e avaliação do impacto da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do Baixo Jaguaribe – CE*. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005.

BASSOI, L. H., TEIXEIRA, A. H.de C.; SILVA, J.A.M.; SIVA, E.E.G.; RAMOS, C.M.C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J.L.T.; FERREIRA, M. de N. L. *Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão*. Petrolina-PE: Embrapa- CPATSA, 2001 4p. (Comunicado técnico, 108).

BREWER, J.D.; SAKTHIVADIVEL, R.; RAJU. K.V. *Water distribution rules and water distribution performance: a case study in the Tambraparani Irrigation System*. Colombo: International Irrigation Management Institute. 1997. 35 p. (IIMI Research Report 12).

CRISTOFIDIS, D. *Recursos hídricos e irrigação no Brasil*. In: WORKSHOP DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E IRRIGAÇÃO NO NORDESTE. 1999. Brasília. **Anais...** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 1999. 34 p.

COGERH Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. *Cadastro de outorga*. Fortaleza, 2002. 1 disquete, 3 ½ pol.

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

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. *Base de dados sobre coeficientes de cultivo*. Disponível em www.cnpat.embrapa.br. Acesso em 11.12.2006.

FERREIRA, M.N.L. *Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (Psidium guajava L.) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE*. 2004. 106 f. Tese (Doutorado em irrigação e Drenagem) Universidade de São Paulo ESALQ, Piracicaba.

FIGUEIREDO, M. C. B., ROSA, M. de F., GONDIM, R. S., SABOIA, L. de F. *Gestão da demanda hídrica em municípios do médio e baixo Jaguaribe*. ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ENGEMA). CD-ROM. Anais...São Paulo: FGV/FAPESP/USP. ISSN 1679-7841. São Paulo, 2003.

FURTADO, A.N.D. *Uma abordagem na avaliação de projetos de transporte: uso das redes neurais artificiais como técnica para avaliar e ordenar alternativas*. 1998. 249 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

GONDIM, Rubens Sonsol; TEIXEIRA, Adunias dos Santos; ROSA, Morsyleide de Freitas; FIGUEIREDO, Maria Cléa Brito de; PEREIRA, Paulo Miranda; COSTA, Carlos Alexandre Gomes; SABINO, Kleber Vasconcelos. *Diagnóstico da Agricultura Irrigada no Baixo e Médio Jaguaribe*. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 35, n. 3, p. 424-430, 2004.

GONDIM, R.S. TEIXEIRA, A. dos S.; BARBOSA, F.C. *Novo paradigma para a água e coeficientes de cultivos aplicados à gestão de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica*. Revista Item Irrigação e Tecnologia, No.67 p.14-18, 2005.

HALL, A.W. *Priorities for irrigated agriculture*. Agricultural Water Management, v. 40, n.1-2, p. 25-29, 1999.

MAROUELLI, W. A; SILVA, W. L. C. *Coeficiente de cultivo das principais culturas anuais – Coeficientes de cultura (Kc) para hortaliças sob sistema convencional de cultivo e irrigadas por aspersão, ajustados pela EMBRAPA HORTALIÇAS...* Revista Item (ABID) - Irrigação e Tecnologia Moderna n. 52/53, p. 49-63, 2001/2002.

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) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MENDES, A. J. P. *Estabelecimento de calendários de irrigação para o manejo racional do perímetro K do projeto de irrigação Morada Nova “utilizando o programa “Cropwat”*. 1997. 115 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MIRANDA, F. R.; BLEICHER, E. *Evapotranspiração e coeficiente de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (Cucumis melo L.) na Região Litorânea do Ceará*. Fortaleza-CE: Embrapa-CNPAT, 2001 17p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).

MIRANDA, F.R.; GONDIM, R.S.; COSTA, C.A.G. *Evapotranspiration and crop coefficients for Tabasco pepper (Capsicum frutescens L.)*. Agricultural Water Management, v. 82, p. 237-246, 2006.

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.

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) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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., SOUZA, E. F. de, BERNARDO, S., GOTTARDO, R., SILVA, M. G., AMARAL, T. L., JASMIM, J. *Coeficiente cultural do quiabeiro (*Abmoschus esculentos* (L.) Moench) em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*. XLIX Reunião anual da Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical. p.157. Fortaleza. 2003.

PONTES, C. G. de M. *Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) através do lisímetro de pesagem de precisão para a região litorânea do Ceará*. 2002. 81 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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.

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*. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.3,n.3,p.413-416.1999.

TURRAL, H.; COOK S. *Water productivity assesement: measuring and mapping methodologies – Basin Focal Project* – Working Paper no. 2: CGIAR Challenge Program on Water & Food. Disponível em www.iwmi.org. Acesso em 11.2006.

WINPENNY, J.T. *Managing water scarcity for water security*. 82 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGL/AGLW/webpub/scarcity.htm>>. Acesso em 29.jun.2000.

WORLD BANK. *World development report 2000/2001: attacking poverty*. New York: Oxford University, 2000. p. 290.