

**DEMANDA DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS ASSOCIADAS AO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**Andre Keiiti Ide¹ & Cícero Lopes da Silva²

1 – Mestre em Agronomia pela UnB. Email: andrekeiti@hotmail.com

2 – Doutor, Professor Associado da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/UnB. Email: cicero@unb.br

Palavras-chaves:planejamento da irrigação
recursos hídricos
transposição de bacias**RESUMO**

No Semiárido Brasileiro, o Projeto de Integração do Rio São Francisco, além de suas finalidades principais, fornecerá água para atendimento de pequenos projetos de irrigação que serão instalados em comunidades rurais tradicionais localizadas nas proximidades dos canais adutores. Nesse contexto, o planejamento da irrigação, com estimativas adequadas dos requerimentos de água dos cultivos, é fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos aduzidos por esses canais. Assim, objetivou-se, neste trabalho, estimar e avaliar a distribuição espacial e temporal das demandas de irrigação em 34 comunidades rurais, tanto do ponto de vista dos usuários, quanto do operador dos sistemas de canais, fornecendo, dessa forma, uma ideia da demanda de água necessária às irrigações. As demandas de água variaram conforme a duração do ciclo da cultura e localidade. As maiores demandas de água para irrigação foram verificadas nas comunidades ao sul do estado de Pernambuco, sendo o mês de novembro o de maior demanda. O volume bruto anual para irrigação das comunidades foi estimado em 16,8 milhões de m³, sendo 12 milhões de m³ para as comunidades localizadas ao longo dos canais do Eixo Norte e 4,8 milhões de m³ para os canais do Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Keywords:interbasin transfer
irrigation planning
water resources**WATER DEMAND FOR IRRIGATION IN RURAL COMMUNITIES ASSOCIATED WITH THE SÃO FRANCISCO RIVER INTEGRATION PROJECT****ABSTRACT**

In the Brazilian Semiarid region, the São Francisco River Integration Project, besides its main purposes, will provide water for small irrigation projects expected to be installed in traditional rural communities located near the canals of the river. In this context, irrigation planning, with adequate estimates of the water requirements for the crops, is essential to manage water resources raised through these canals. Therefore, the objective of this study was to estimate and evaluate the spatial and temporal distribution of the irrigation demands in 34 rural communities, both from the point of view of users and operators of the canal systems, which can give an estimation of the water amount required for irrigation. Water demands vary depending on the length of the growing season and location. The greatest demand for water for irrigation was observed in the southern part of the state of Pernambuco and during the month of November. The annual gross volume for irrigation communities was estimated at 16.8 million m³, corresponding 12 million m³ for the communities located along the North axis canals and 4.8 million m³ for the East axis canals of the São Francisco River Integration Project.

INTRODUÇÃO

Em várias partes do mundo, a água tem se tornado um recurso escasso, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, fazendo com que seu uso eficiente na agricultura seja uma necessidade iminente. A baixa disponibilidade de água nessas regiões, associada à sua crescente demanda, tem provocado aumento dos conflitos entre os diferentes setores da sociedade, limitando o desenvolvimento socioeconômico (SILVA *et al.*, 2012; SHEN *et al.*, 2013; DJAMAN *et al.*, 2015). O adequado planejamento dos recursos hídricos, incluindo informações acuradas sobre os requerimentos de água dos cultivos, é um componente crítico para o alcance do uso eficiente da água na agricultura (TABARI *et al.*, 2013; SURENDRAN *et al.*, 2015), sendo ainda fundamental para o manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação (TODOROVIC *et al.*, 2013; DJAMAN *et al.*, 2015).

Atualmente, a abordagem padrão para estimar a demanda de água dos cultivos é baseada nos boletins da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em que os requerimentos líquidos de irrigação por unidade de área irrigada são calculados pela diferença entre evapotranspiração potencial de um cultivo específico e a precipitação efetiva (WRIEDT *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2012). De acordo com essa abordagem, as condições climáticas são expressas pela evapotranspiração de referência (ET_o) e as características da cultura são representadas por um coeficiente (K_c), próprio de cada cultura e válido para condições de manejo padrão (ROJAS & SHEFFIELD, 2013; PEREIRA *et al.*, 2015).

Para a estimativa da ET_o vários métodos estão disponíveis, não havendo consenso entre os pesquisadores sobre um método ou abordagem mais apropriada para estimar a ET_o mundialmente (HAIJUN *et al.*, 2013). A equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO tem demonstrado precisão na estimativa da ET_o, tanto em regiões áridas como úmidas, e foi recomendada pela FAO como método padrão para estimar a ET_o e para validar outras equações (PEREIRA *et al.*, 2015).

Apesar de sua importância, os requerimentos

de água para irrigação nem sempre são avaliados a contento, mesmo em países desenvolvidos (WRIEDT *et al.*, 2009; SHEN *et al.*, 2013). Segundo Wriedt *et al.* (2009), modelagens de consumo de água em escalas regionais e continentais possuem desafios específicos, sobre tudo em relação à heterogeneidade na subescala e simplificações requeridas para modelar áreas geograficamente amplas.

Dessa forma, estudos de demanda de água para irrigação estimada por modelagem podem ser úteis para preencher lacunas nos dados oficiais disponíveis, além de prover dados para comparação através do fornecimento de estimativas não enviesadas na escala regional.

No Brasil, aproximadamente 11% do território está sujeito a clima semiárido, com precipitações irregulares e com grande variabilidade interanual (MONTENEGRO *et al.*, 2010; MARENGO & BERNASCONI, 2015). Dentre as iniciativas que visam o aumento da oferta hídrica nessa região, destaca-se a construção de dois grandes sistemas de canais que captarão água do Rio São Francisco e a conduzirão até bacias da porção setentrional da região Nordeste. Em seu trajeto, esses canais atravessam comunidades rurais que praticam a agricultura familiar e que poderão utilizar a água em pequenos projetos de irrigação.

Desse modo, o planejamento da irrigação, com estimativas adequadas dos requerimentos de água dos cultivos, é fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos aduzidos pelos canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco, assim como para o adequado aproveitamento da água nos projetos de irrigação a serem instalados nas comunidades rurais atendidas.

Objetivou-se, nesse trabalho: (i) sob o ponto de vista do operador do sistema, estimar e avaliar a distribuição espacial e temporal das demandas de água para irrigação de 34 comunidades rurais localizadas nas proximidades dos canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco; (ii) sob o ponto de vista do irrigante, estimar as demandas de água para irrigação dos principais cultivos pretendidos nestas comunidades rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no semiárido brasileiro, delimitada pelas latitudes $6^{\circ}55'0''$ e $9^{\circ}0'0''$ S e longitudes $37^{\circ}0'0''$ e $39^{\circ}35'0''$ W, abrangendo parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Abrange parcialmente as bacias hidrográficas dos Rios São Francisco, Jaguaribe, Piranhas e Paraíba. A altitude varia de aproximadamente 300 m nas margens do Rio São Francisco, até 1.200 m sobre a Serra dos Cariris Velhos na porção central da área.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o BSW_h, semiárido, bastante quente, com estação chuvosa no verão que se atrasa para o outono, podendo não ocorrer, e a temperatura do mês mais frio é superior a 18 °C (ALVARES et al., 2013). As precipitações apresentam grande variabilidade espacial e interanual, com médias anuais variando de 500 a 1200 mm, concentradas nos meses de janeiro a maio (NÓBREGA & SANTIAGO, 2014; MARENGO & BERNASCONI, 2015).

As 34 comunidades rurais, objeto desse estudo, estão localizadas nas proximidades dos dois sistemas de canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco (Figura 1).

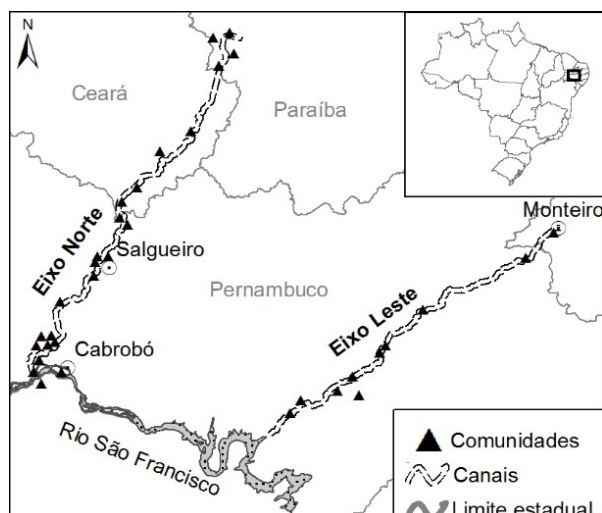


Figura 1. Localização da área de estudo, das comunidades rurais estudadas e dos canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Nessas áreas está prevista a implantação de sistemas de irrigação localizada, que totalizam 1.688 ha, distribuídos em Vilas Produtivas Rurais, Projetos de Assentamento da Reforma Agrária e territórios de etnias indígenas (Tabela 1). Em sua concepção original, o projeto estabelece que cada família residente nessas comunidades seja contemplada com, no mínimo, um hectare irrigado.

Os dados meteorológicos necessários ao cálculo da evapotranspiração de referência foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET). Foram obtidas as médias mensais de temperatura do ar máxima e mínima, velocidade do vento, umidade relativa, insolação e precipitação entre o período de janeiro de 1995 a dezembro de 2014. Os dados adquiridos abrangeram 41 estações meteorológicas localizadas na área de estudo e no seu entorno, estendendo-se pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe e Rio Grande do Norte (Tabela 2).

As séries históricas foram analisadas quanto a sua consistência e as falhas existentes foram preenchidas através do método da ponderação regional (ARAI et al., 2012). As médias mensais históricas das seis variáveis meteorológicas foram espacializadas por meio do método geoestatístico da krigagem pontual ordinária (WAGNER et al., 2012), com auxílio do Software Arcinfo 10.1 (ESRI). A partir da espacialização, foi possível obter a média mensal de cada variável em cada comunidade estudada, permitindo o cálculo da ETo pelo método de Penman-Monteith-FAO (PEREIRA et al., 2015). As precipitações efetivas mensais foram calculadas pelo método do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos (DOOREMBOS & PRUIT, 1977), em que a precipitação efetiva é dependente da precipitação média mensal, da evapotranspiração mensal da cultura e da capacidade de armazenamento de água do solo.

As informações sobre as culturas e respectivas áreas a serem implantadas sob irrigação nas comunidades foram obtidas junto ao Ministério da Integração Nacional, tendo como referência o estudo intitulado “Plano de Desenvolvimento Sustentável - PDS” das Vilas Produtivas Rurais (MI, 2014). Nesse documento constam os resultados de

Tabela 1. Comunidades rurais localizadas nas proximidades do Projeto de Integração do Rio São Francisco, e quantitativo de área a ser irrigada

Comunidade	Município	Área a ser irrigada (ha)	Comunidade	Município	Área a ser irrigada (ha)
VPR Captação	Cabrobó - PE	17	PA Serra Branca	Betânia - PE	35
VPR Baixio dos Grandes	Cabrobó - PE	83	PA Pirambeba	Betânia - PE	30
VPR Negreiros	Salgueiro - PE	26	PA Serra Negra	Floresta - PE	64
VPR Uri	Salgueiro - PE	45	PA Lajedo	Floresta - PE	12
VPR Queimada Grande	Salgueiro - PE	25	PA Curalinhos Angico	Floresta - PE	50
VPR Malícia	Salgueiro - PE	20	PA Monte Alegre	Salgueiro - PE	50
VPR Pilões	Verdejante - PE	25	PA Riacho dos Bois	Cabrobó - PE	30
VPR Retiro	Penaforte - CE	30	PA Barro Vermelho	Cabrobó - PE	18
VPR Ipê	Jati - CE	10	PA Tucutu Jibóia	Cabrobó - PE	50
VPR Vassouras	Brejo Santo - CE	145	PA Porteiras	Custódia - PE	42
VPR Descanso	Mauriti - CE	80	PA Eloita Pereira	Cabrobó - PE	30
VPR Jurema	S. J. Piranhas - PB	120	TI Truká	Cabrobó - PE	100
VPR Irapuá	S. J. Piranhas - PB	51	TI Tumbalalá	Abaré - BA	100
VPR Quixeramobim	S. J. Piranhas - PB	47	TI Kambiwa	Floresta - PE	100
VPR Bartolomeu	Cajazeiras - PB	22	TI Pipipã	Ibimirim - PE	100
VPR Lafaete	Monteiro - PB	60	PA Santa Fé	Cabrobó - PE	20
VPR Salão	Sertânia - PE	39	PA Poço do Angico	Cabrobó - PE	12
Total					1.688

VPR = Vila Produtiva Rural; PA = Projeto de Assentamento; TI = Território Indígena.

uma pesquisa de campo realizada junto aos futuros irrigantes, a respeito das intenções de cultivo para as áreas irrigadas. Das culturas citadas pelos futuros irrigantes, foram consideradas aquelas com resultado mais frequente e com áreas mais expressivas, sendo o milho (*Zea mays*), feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cebola (*Allium cepa* L.), melancia (*Citrullus lanatus*), banana (*Musa spp.*) e capim de corte (*Pennisetum purpureum* Schum). As curvas do coeficiente de cultivo de cada cultura considerada foram construídas com base nos valores propostos por Allen et al. (1998), complementadas com dados de pesquisas regionais, ajustando-se as durações dos ciclos das culturas. Para o cálculo das demandas de água para irrigação foram considerados os meses de plantio típicos para cada cultura na região (Tabela 3).

Sob o ponto de vista do operador dos canais, para o cálculo das demandas mensais de água de cada cultura adotaram-se os valores de Kc médios mensais. Para o cálculo das demandas hídricas na

área total de cada comunidade, os coeficientes de cultivo foram ponderados em função da área a ser ocupada por cada cultura e respectivos coeficientes de cultivo em cada mês (GONDIM et al., 2008). Os coeficientes de cultivo ponderados (\overline{Kc}) mensalmente em cada comunidade foram obtidos a partir da Equação 1.

$$\overline{Kc} = \sum_{i=1}^n \frac{Kc_i \times A_i}{A} \quad (1)$$

em que,

\overline{Kc} = coeficiente de cultivo ponderado para o mês considerado;

Kc_i = coeficiente de cultivo da cultura i no mês considerado;

A_i = área da cultura i no mês considerado;

A = área irrigada total da comunidade, e

n = número de culturas estudadas.

Tabela 2. Estações meteorológicas convencionais do INMET localizadas na área de estudo e no seu entorno, utilizadas para espacialização das médias mensais históricas (1995-2014) de temperatura do ar máxima e mínima, velocidade do vento, umidade relativa do ar, insolação e precipitação

Nome	Código	Lat	Long	Nome	Código	Lat	Long
Água Branca	82989	9°17'	37°54'	Monteiro	82792	7°53'	37°4'
Apodí	82590	5°37'	37°49'	Morada Nova	82588	5°7'	38°22'
Aracaju	83096	10°57'	37°3'	Morro do Chapéu	83184	11°13'	41°13'
Arcoverde	82890	8°25'	37°5'	Ouricuri	82753	7°54'	40°3'
Areia	82696	6°58'	35°41'	Palmeira dos Índios	82992	9°27'	36°42'
Barbalha	82784	7°19'	39°18'	Pão de Açúcar	82990	9°45'	37°26'
Cabrobó	82886	8°31'	39°20'	Patos	82791	7°1'	37°16'
Campina Grande	82795	7°13'	35°53'	Paulistana	82882	8°8'	41°8'
Campos Sales	82777	7°0'	40°23'	Paulo Afonso	82986	9°22'	38°13'
Ceará Mirim	82596	5°39'	35°39'	Petrolina	82983	9°22'	40°28'
Cipó	83192	11°5'	38°31'	Picos	82780	7°2'	41°29'
Crateús	82583	5°10'	40°40'	Porto de Pedras	82996	9°11'	35°26'
Cruzeta	82693	6°26'	36°35'	Propriá	83097	10°12'	36°52'
Florânia	82691	6°7'	36°49'	Quixeramobim	82586	5°10'	39°17'
Garanhuns	82893	8°53'	36°31'	São Gonçalo	82689	6°45'	38°13'
Iguatu	82686	6°22'	39°18'	Senhor do Bonfim	83088	10°28'	40°11'
Itabaianinha	83195	11°7'	37°49'	Seridó Caicó	82690	6°28'	37°5'
Jacobina	83186	11°11'	40°28'	Surubim	82797	7°50'	35°43'
Macau	82594	5°7'	36°46'	Tauá	82683	6°0'	40°25'
Maceió	82994	9°40'	35°42'	Triunfo	82789	7°49'	38°7'
Monte Santo	83090	10°26'	39°18'				

Lat = Latitude sul no sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000. Long = Longitude oeste no sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000.

Tabela 3. Coeficientes de cultivo, duração das fases de desenvolvimento e mês de plantio considerado para as principais culturas pretendidas pelos futuros irrigantes das 34 comunidades estudadas

Cultura	Mês de plantio		Fases de desenvolvimento				Total (dias)
			I	II	III	IV	
Milho	Setembro	Kc ¹	0,80	1,00	1,20	0,35	125
		Duração	20	35	40	30	
Feijão Caupi	Junho	Kc ²	0,80	0,98	1,16	0,70	75
		Duração	25	23	17	10	
Cebola	Janeiro	Kc ¹	0,80	0,92	1,05	0,81	120
		Duração	12	20	56	32	
Melancia	Agosto	Kc ¹	0,80	0,90	1,00	0,75	80
		Duração	10	20	20	30	
Banana-ano 1	Janeiro	Kc ¹	0,80	0,95	1,10	1,00	390
		Duração	120	90	120	60	
Banana-ano 2	Janeiro	Kc ¹	1,00	1,10	1,20	1,10	365
		Duração	120	60	180	5	
Capim de corte	Janeiro	Kc ³	Média = 1,00				365
		Duração					

Fonte: ¹ALLEN *et al.* (1998). ²LIMA *et al.* (2011). ³EMBRAPA (2015).

Para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc), o coeficiente de umidade do solo (Ks) foi considerado igual a 1, uma vez que para todas as comunidades está prevista a implantação de sistemas de irrigação localizada, onde é pressuposto que o solo estará sempre próximo à capacidade de campo (FREITAS *et al.*, 2008).

Para as culturas de milho, feijão caupi, cebola, melancia e capim de corte, foram considerados coeficientes de ajuste em função da área molhada (Kl) iguais a 1, em função da área molhada atingir 100% do espaçamento disposto para cada pé de planta. Para a cultura da banana, devido ao maior espaçamento de cultivo, foram adotados valores de Kl igual a 0,64, correspondente à razão entre a área molhada e a área representada por cada emissor, conforme os espaçamentos das culturas e dos emissores, usualmente adotados nesse tipo de irrigação. As lâminas líquidas mensais de irrigação foram calculadas subtraindo-se a precipitação efetiva da evapotranspiração de cultura. Adotou-se a eficiência de irrigação em decimal, igual a 0,9 para o cálculo das lâminas brutas mensais de irrigação (SILVA *et al.*, 2009).

As lâminas mensais de irrigação e os volumes brutos mensais de água necessária foram calculados para cada cultura individualmente, visando fornecer aos irrigantes uma estimativa da quantidade de água necessária à irrigação de determinada cultura. As lâminas mensais de irrigação e os volumes

brutos mensais de água necessária também foram calculados para toda a área irrigada, considerando um coeficiente de cultivo ponderado para cada comunidade, obtendo-se, assim, os volumes mensais e anuais necessários para atendimento de todas as comunidades, volumes esses de interesse do operador do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração de referência mensal da região, calculada pelo método padrão de Penman-Monteith-FAO, ficou compreendida no intervalo de 83 mm, no mês junho na comunidade Kambiwá, a 204 mm, no mês de outubro na comunidade Captação, com totais anuais variando de 1.584 a 1.883 mm. A título de exemplo, a variação da ETo e da precipitação média mensal (média do período de 1995 a 2014), nas comunidades Captação e Kambiwá, as quais apresentaram os maiores e menores valores de ETo, respectivamente, são apresentadas na Figura 2.

As lâminas brutas de irrigação para as seis culturas avaliadas nas 34 comunidades rurais são apresentadas na Tabela 4.

Constatou-se que a cultura que apresentou a maior demanda de água foi o capim de corte, com LBI variando de 1.259 mm ano⁻¹, no Projeto de Assentamento Porteiras, a 1.696 mm ano⁻¹ na Vila Produtiva Rural Captação. A cultura da banana

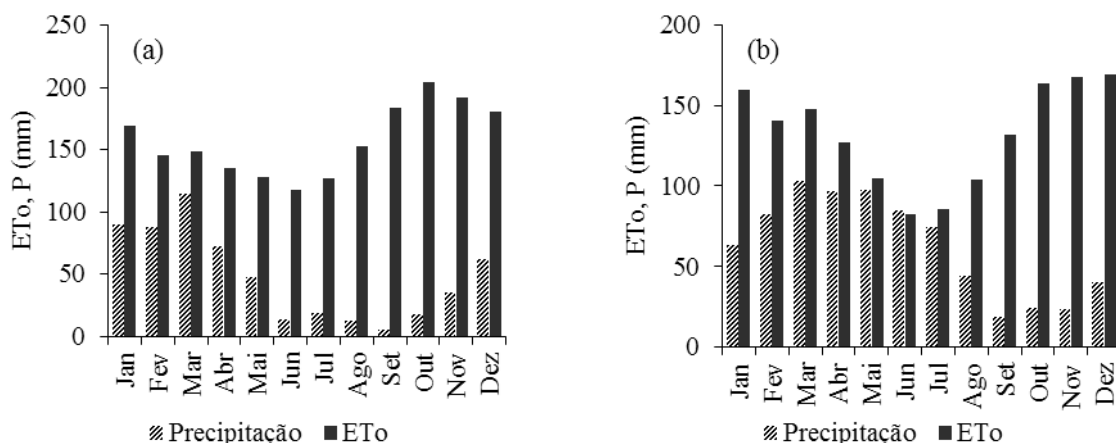


Figura 2. Evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação (P) média mensal (1995-2014) nas comunidades Captação no município de Cabrobó/PE (a) e Kambiwá no município de Ibimirim/PE (b).

Tabela 4. Lâminas brutas de irrigação, em mm, para atendimento de um ciclo de cada uma das seis culturas avaliadas, nas 34 comunidades rurais localizadas ao longo dos canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Comunidade	Milho	Feijão	Cebola	Melancia	Banana ano 1	Banana ano 2	Capim de corte
Captação	657	249	322	451	871	1.057	1.696
B. dos Grandes	642	241	266	441	787	953	1.581
Negreiros	632	224	239	430	738	887	1.505
Uri	631	224	226	431	731	875	1.487
Q. Grande	631	224	221	430	728	868	1.478
Malícia	625	221	296	429	795	930	1.534
Pilões	623	216	197	425	707	825	1.419
Retiro	625	223	287	432	796	924	1.524
Ipê	624	220	148	430	710	814	1.363
Vassouras	625	219	125	436	709	808	1.335
Descanso	625	213	122	437	703	802	1.319
Jurema	639	223	115	454	728	827	1.346
Irapuá	642	223	118	458	732	833	1.354
Quixeramobim	648	232	114	465	748	848	1.370
Bartolomeu	650	231	118	467	749	850	1.374
Lafaete	572	134	317	344	632	800	1.380
Salão	559	121	316	332	606	771	1.344
Serra Branca	532	104	303	302	536	698	1.260
Pirambeba	531	104	304	302	536	698	1.260
Serra Negra	536	104	316	305	555	719	1.285
Lagedo	549	113	325	321	590	757	1.333
C. Angicos	552	115	333	323	605	773	1.351
Monte Alegre	629	218	220	426	718	856	1.464
Riacho dos Bois	651	245	304	446	838	1.021	1.656
Barro Vermelho	653	247	307	448	845	1.030	1.666
Tucutú Jibóia	654	247	313	449	855	1.040	1.677
Porteiras	535	109	296	305	536	695	1.259
Eloíta Pereira	651	246	300	446	835	1.016	1.651
Truká	652	240	328	442	860	1.046	1.682
Tumbalalá	647	238	344	439	871	1.057	1.694
Kambiwá	524	92	332	291	553	715	1.273
Pipipã	537	103	323	306	563	727	1.294
Santa Fé	651	247	298	447	835	1.016	1.650
Poço do Angico	651	245	299	446	834	1.015	1.649

apresentou a segunda maior demanda de água, com LBI variando de 536 mm ano⁻¹, nos Projetos de Assentamento Porteiras, Serra Branca e Pirambeba a 871 mm ano⁻¹ na Vila Produtiva Rural Captação e Etnia Indígena Tumbalalá, considerando o primeiro ano de cultivo. Para o segundo ano de

cultivo, a LBI variou de 695 mm ano⁻¹, no Projeto de Assentamento Porteiras a 1.057 mm ano⁻¹ na Vila Produtiva Rural Captação e Etnia Indígena Tumbalalá. As elevadas demandas de água dessas culturas se devem à perenidade das mesmas e ao fato do Kl ter sido considerado igual a 1 para o

capim de corte, em função dessa cultura cobrir completamente o solo.

Relativo à cultura da banana, os valores encontrados estão condizentes com os apresentados por Coelho *et al.* (2013) para Cruz das Almas, na Bahia, e abaixo dos valores constatados por Freitas *et al.* (2008), onde a lâmina suplementar média para a bacia do Rio São Francisco foi de 1.735 mm ano⁻¹.

A cultura do feijão caupi apresentou as menores demandas de água dentre as culturas avaliadas, devido, principalmente, a menor duração do ciclo de cultivo. A LBI, para atender um ciclo dessa cultura variou de 92 mm, na Etnia Indígena Kambiwá, a 249 mm, na Vila Produtiva Rural Captação. Os valores de LBI foram consideravelmente inferiores aos reportados por Ramos *et al.* (2012) para a cultura do feijão caupi em Teresina, no Piauí.

A LBI, para atender um ciclo da cultura da melancia, variou de 291 mm, na Etnia Indígena Kambiwá, a 467 mm, na Vila Produtiva Rural Bartolomeu. Enquanto a LBI, para atender um ciclo da cultura da cebola, variou de 114 mm, na Vila Produtiva Rural Quixeramobim, a 344 mm, na Etnia Indígena Tumbalalá. Já considerando a cultura do milho, a LBI, para atender um ciclo da cultura, variou de 524 mm na Etnia Indígena Kambiwá, a 657 mm, na Vila Produtiva Rural Captação.

A partir do coeficiente de cultivo médio ponderado para cada comunidade como um todo, obteve-se os requerimentos de irrigação de todas as comunidades, considerando um determinado cenário de cultivo composto pelas principais culturas pretendidas pelos futuros irrigantes. A Tabela 5 apresenta os requerimentos anuais de água que o operador dos sistemas de canais deve fornecer aos irrigantes, em cada comunidade, conforme o cenário adotado nesse trabalho. Os maiores volumes brutos de água necessária foram constatados para as Vilas Produtivas Rurais Vassouras, Jurema e Baixio dos Grandes, além das áreas das etnias indígenas, as quais são as comunidades com maior área a ser irrigada.

A Figura 3 apresenta os volumes brutos

mensais de água necessária à irrigação, por cada eixo de canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Observa-se que as comunidades localizadas ao longo do Eixo Norte apresentam demandas de água superiores às comunidades do Eixo Leste, uma vez que a área a ser irrigada ao longo do Eixo Norte é de 1.156 ha, contra 532 ha no Eixo Leste. O volume anual de água necessária a ser retirado do Eixo Norte é da ordem de 12 milhões de m³ ano⁻¹, e de 4,8 milhões de m³ ano⁻¹ no Eixo Leste, totalizando aproximadamente 16,8 milhões de m³ ano⁻¹.

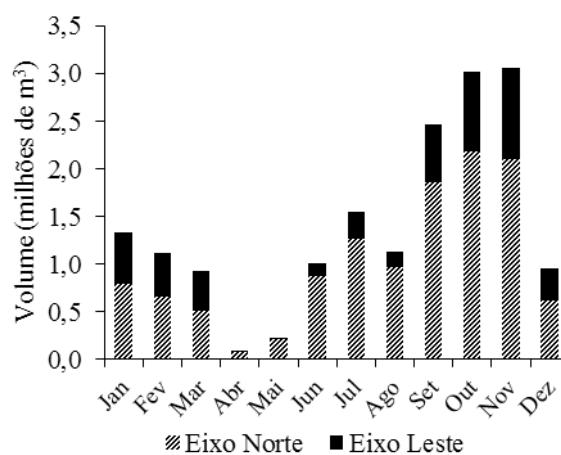


Figura 3. Requerimentos mensais de irrigação das 34 comunidades rurais nos dois sistemas de canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Os meses de outubro e novembro apresentam as maiores demandas de água, sendo o volume bruto de água necessária superior a 3,0 milhões de m³ mês⁻¹, devido às baixas precipitações e elevadas demandas atmosféricas que ocorrem nesse período. Para esses meses de pico, que correspondem a um período de baixa disponibilidade de água no Rio São Francisco (LUZ & GENZ, 2013), a demanda de água para irrigação das 34 comunidades equivale a 4% da vazão outorgada ao Projeto de Integração do Rio São Francisco, que é de 26 m³ s⁻¹ para períodos de baixa disponibilidade de água no Rio São Francisco. Já os meses de janeiro a junho, que correspondem a um período de maior disponibilidade de água no Rio São Francisco, apresentam demandas totais inferiores a 1,5 milhões de m³ mês⁻¹, o que equivale a 0,46% da vazão outorgada ao Projeto de Integração do Rio

Tabela 5. Requerimentos de irrigação das 34 comunidades rurais nos dois sistemas de canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco

Comunidade	Município	Canal	Área (ha)	LBI (mm)	VB (m ³)
Captação	Cabrobó - PE	Norte	17	1.161	197.312
B. dos Grandes	Cabrobó - PE	Norte	83	1.244	1.032.543
Negreiros	Salgueiro - PE	Norte	26	1.039	270.194
Uri	Salgueiro - PE	Norte	45	835	375.693
Q. Grande	Salgueiro - PE	Norte	25	1.067	266.735
Malícia	Salgueiro - PE	Norte	20	1.095	218.935
Pilões	Verdejante - PE	Norte	25	928	232.044
Retiro	Penaforte - CE	Norte	30	1.151	345.321
Ipê	Jati - CE	Norte	10	1.084	108.444
Vassouras	Brejo Santo - CE	Norte	145	819	1.187.020
Descanso	Mauriti - CE	Norte	80	966	772.766
Jurema	S. J. Piranhas - PB	Norte	120	953	1.143.718
Irapuá	S. J. Piranhas - PB	Norte	51	1.004	512.258
Quixeramobim	S. J. Piranhas - PB	Norte	47	1.017	478.037
Bartolomeu	Cajazeiras - PB	Norte	22	1.133	249.305
Lafaete	Monteiro - PB	Leste	60	965	579.153
Salão	Sertânia - PE	Leste	39	936	365.122
Serra Branca	Betânia - PE	Leste	35	866	302.975
Pirambeba	Betânia - PE	Leste	30	866	259.825
Serra Negra	Floresta - PE	Leste	64	884	565.810
Lagedo	Floresta - PE	Leste	12	922	110.647
C. Angicos	Floresta - PE	Leste	50	938	468.889
Monte Alegre	Salgueiro - PE	Norte	50	1.056	528.066
Riacho dos Bois	Cabrobó - PE	Norte	30	1.125	337.440
Barro Vermelho	Cabrobó - PE	Norte	18	1.134	204.047
Tucutú Jibóia	Cabrobó - PE	Norte	50	1.144	572.107
Porteiras	Custódia - PE	Leste	42	865	363.384
Eloíta Pereira	Cabrobó - PE	Norte	30	1.120	336.085
Truká	Cabrobó - PE	Norte	100	1.149	1.148.926
Tumbalalá	Curaçá/Abaré - PE	Norte	100	1.160	1.160.219
Kambiwá	Floresta - PE	Leste	100	880	880.004
Pipipã	Ibimirim - PE	Leste	100	892	892.040
Santa Fé	Cabrobó - PE	Norte	20	1.120	223.940
Poço do Angico	Cabrobó - PE	Norte	12	1.119	134.285
Total			1688		16.823.289

São Francisco, que é de 126 m³ s⁻¹ para períodos de elevada disponibilidade de água no Rio São Francisco.

A vazão unitária de retirada para irrigação de todas as comunidades ficou compreendida no intervalo de 0,02 a 0,7 L s⁻¹ ha⁻¹, com média anual de 0,32 L s⁻¹ ha⁻¹. As estimativas de demandas de água para irrigação anteriormente apresentadas

poderão ser utilizadas para fins de planejamento das atividades de irrigação e da operação dos canais do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Também poderão ser utilizadas como subsídio ao dimensionamento dos sistemas de irrigação e fornecimento de parâmetros de comparação sobre a adequabilidade do uso da água e estimativas de custo de produção por parte dos futuros irrigantes.

Naturalmente, em função dos cenários, estratégias, valores médios e simplificações consideradas na modelagem das estimativas de água, as demandas reais poderão diferir dos valores estimados, o que para Wriedt et al. (2009) é perfeitamente aceitável em estudos de demanda de água para irrigação, sobretudo em escala regional.

CONCLUSÕES

- O volume bruto anual de água a ser retirado dos canais para irrigação das 34 comunidades é de 16,8 milhões de m³, sendo 12 milhões de m³ nos canais do Eixo Norte e 4,8 milhões de m³ nos canais do Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco.
- O mês de novembro apresenta a maior demanda de água, com volume bruto de água necessária superior a 3,0 milhões de m³ mês⁻¹.
- A cultura do capim de corte apresenta a maior demanda de água, com lâminas brutas de irrigação variando de 1.259 mm ano⁻¹ a 1.696 mm ano⁻¹.
- A cultura do feijão caupi apresenta as menores demandas de água, com lâminas brutas de irrigação, para atender um ciclo da cultura variando de 92 a 249mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ARAI, F.K.; PEREIRA, S.B.; GONÇALVES, G.G.G. Characterization of water availability in a hydrographic basin. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.591-601, 2012.

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, R.C.; PAMPONET, A.J.M. Necessidades hídricas de bananeira tipo Terra em condições de tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.9, p.1260-1268, 2013.

DJAMAN, K.; BALDE, A.B.; SOW, A.; MULLER, B.; IRMAK, S.; N'DIAYE, M.K.; MANNEH, B.; MOUKOUMBI, Y.D.; FUTAKUCHI, K.; SAITO, K. Evaluation of sixteen reference evapotranspiration methods under sahelian conditions in the Senegal River Valley. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, Amsterdam, v.3, p.139-159, 2015.

DOOREMBOS, J.; PRUIT, W.O. **Guidelines for predicting Crop Water Requirements**. 2.ed. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Coefficientes de Cultivo – Banco de Dados**. Apresenta coeficientes de cultivo para diversas culturas. Disponível em: <www.cnpat.embrapa.br/publicacoes/kc/index_a.php?Id=10>. Acesso em 04 de junho de 2015.

FREITAS, W.S.; RAMOS, M.M.; COSTA, S.S. Demanda de irrigação da cultura da banana na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.343-349, 2008.

GONDIM, R.S.; CASTRO, M.A.H.; EVANGELISTA, S.R.M.; TEIXEIRA, A.S.; FUCK JUNIOR, S.C.F. Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no estado do Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1657-1644, 2008.

HAIJUN, L.; YAN, L.; RUIHAO, Z.; GUANHUA, H. Evaluation and modification of potential evapotranspiration methods in Beijing, China. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, v.6, n.4, p.9-18, 2013.

LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIRA,

- C.A.B.O.; SOARES, W.A. SOUZA, E.S. Fluxo de calor sensível em cultivo de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1037–1045, 2011.
- LUZ, L.D.da; GENZ, F. First Essentials Towards Environmental Flows for São Francisco River (Brazil): Recovering Damaged Ecosystems and Meeting Human Needs. **World Environmental and Water Resources Congress 2013: Showcasing the Future**. ASCE, Ohio, 2013, p.1279-1296. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784412947.126>>. Acesso em: 20 set. 2015.
- MARENGO, J.A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic Change**, Dordrecht, v.129, p.103-115, 2015.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI. **Plano de Desenvolvimento Sustentável da Vila Produtiva Rural Negreiros**. Brasília, 2014.175p.
- MONTENEGRO, S.G.; MONTENEGRO, A.; RAGAB, R. Improving agricultural water management in the semi-arid region of Brazil: experimental and modelling study. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.28, n.4, p.301-316, 2010.
- NÓBREGA, R.S.; SANTIAGO, G.A.C.F. Tendência da temperatura na superfície do mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v.13, n.1, p.107-118, 2014.
- PEREIRA, L.S.; ALLEN, R.G.; SMITH, M.; RAES, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO 56: Past and future. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.147, n.1, p.4-20, 2015.
- RAMOS, H.M.M.; BASTOS, E.A.; ANDRADE JUNIOR, A.S.de; MAROUELLI, W.A. Estratégias ótimas de irrigação do feijão caupi para produção de grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.576-583, 2012.
- ROJAS, J.P.; SHEFFIELD, R.E. Evaluation of Daily Reference Evapotranspiration Methods as Compared with the ASCE-EWRI Penman-Monteith Equation Using Limited Weather Data in Northeast Louisiana. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Washington, v.139, n.4, p.285-292, 2013.
- SHEN, Y.; LI, S.; CHEN, Y.; QI, Y.; ZHANG, S. Estimation of regional irrigation water requirement and water supply risk in the arid region of Northwestern China 1989–2010. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.128, p.55-64, 2013.
- SILVA, A.J.P.da; COELHO, E.F.; MIRANDA, J.H.de; WORKMAN, S.R. Estimating water application efficiency for drip irrigation emitter patterns on banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.7, p.730-737, 2009.
- SILVA, B.B.da; BRAGA, A.C.; BRAGA, C.C.; OLIVEIRA, L.M.M.de; GALVÍNCIO, J.D.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1218–1226, 2012.
- SURENDRAN, U.; SUSHANTH, C.M.; MAMMEN, G.; JOSEPH, E.J. Modelling the crop water requirement using FAO-CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resource management: A case study in Palakkad district of humid tropical Kerala, India. **Aquatic Procedia**, v.4, p.1211-1219, 2015.
- TABARI, H.; GRISMER, M.E.; TRAJKOVIC, S. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.31, n.2, p.107-117, 2013.
- TODOROVIC, M.; KARIC, B.; PEREIRA, L. Reference evapotranspiration estimate with limited weather data across a range of Mediterranean climates. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.481, p.166-176, 2013.

WAGNER, P.D.; FIENER, P.; WILKEN, F.; KUMAR, S.; SCHNEIDER, K. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.465, p.388-400, 2012.

WRIEDT, G.; VAN DER VELDE, M.; ALOE, A.; BOURAOUI, F. Estimating irrigation water requirements in Europe. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.373, n.3-4, p.527-544, 2009.