



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ESTIMATIVA DA DEMANDA HÍDRICA DO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO EM EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

Valterlin da Silva Santos¹ & Wilson Fadlo Curi²

RESUMO – O desenvolvimento do setor agrícola, impulsionado em grande parte pela crescente demanda por produção de alimentos, gera demanda de água para suprir as necessidades naturais das culturas agrícolas. O Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no sertão da Paraíba, tem uma área irrigável de 3.045 ha para o cultivo de diversas culturas agrícolas, sendo a principal a do coco. Atualmente o nordeste brasileiro está sofrendo as conseqüências da pior seca dos últimos 50 anos. A quantificação da demanda hídrica dessa área irrigada torna-se importante para que a irrigação seja conduzida com maior eficiência e com o mínimo de impacto sobre os recursos hídricos da região. Assim este trabalho tem o objetivo de quantificar a demanda hídrica do Perímetro Irrigado de São Gonçalo em eventos extremos de precipitação, considerando um ano seco e um ano chuvoso. Os resultados mostraram que na estação seca (de junho a dezembro) a quantidade de água requerida para a irrigação das culturas agrícolas no perímetro irrigado independe se o ano é chuvoso ou seco. Porém, em um ano seco tem que se considerar a quantidade requerida para a irrigação das culturas agrícolas na estação chuvosa (de janeiro a abril).

ABSTRACT– The development of the agricultural sector, driven in large part by the growing demand for food production, generates water demand to meet the needs of natural agricultural crops. The Irrigated Perimeter of São Gonçalo, in Paraíba state, has an irrigable area of 3,045 ha for the cultivation of various agricultural crops, being the coconut the main one. Currently the Brazilian Northeast is suffering the consequences of the worst drought in 50 years. Quantification of water demand of irrigated area becomes important for the efficient execution of irrigation and with minimal impact on the environment. So this work aims to quantify the water demand of the Irrigated Perimeter of São Gonçalo in extreme rainfall events considering a dry year and a rainy year. The results showed that the quantity of water required for irrigation of agricultural crops in the irrigated perimeter during the dry seasons (from June to December) is independent if the year is rainy or dry.

1) Professor Adjunto da UACC/CCJS/UFCG. Rua Sifrônio Nazaré 38. Sousa, PB. CEP 58.800-340. E-mail: valterlin@yahoo.com.br

2) Professor Associado da UAF/CCT/UFCG, Av. Aprígio Veloso 882. Campina Grande. CEP 58109-970. PB. E-mail: wfcuri@pesquisador.cnpq.br

However, in a dry year one has to consider the amount required for irrigation of agricultural crops in the rainy season (from January to April).

Palavras-Chave – Irrigação, ano seco, ano chuvoso

1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 70% da água consumida é destinada para a o setor agrícola contra 13% destinada para o abastecimento humano e 7% para o abastecimento industrial (ANA, 2007). Logo, o setor agrícola se configura como um importante usuário de recursos hídricos, cujo suas demandas devem ser quantificadas para que sejam efetivas as ações de planejamento e gerenciamento (Lopes e Freitas, 2003).

As necessidades hídricas das culturas agrícolas são supridas naturalmente pela água proveniente da precipitação, e variam em função do estágio de crescimento das plantas, do tipo de solo e das condições climáticas da região. Entretanto, principalmente em regiões áridas e semiáridas, a água proveniente da precipitação natural não é suficiente para garantir uma produtividade economicamente viável, necessitando uma complementação via irrigação. Mesmo em regiões mais úmidas, a variabilidade do regime pluvial constitui um dos principais fatores limitantes à obtenção de uma agricultura economicamente viável durante todo o ano.

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG), no estado da Paraíba, tem uma área é de 5.548,53 ha, sendo 2.502,90 ha área de sequeiros e 3.045,63 ha área irrigável. No perímetro irrigado são cultivadas culturas agrícolas de alto valor comercial, com elevado nível tecnológico, proporcionando a produção de alimentos e matérias primas com geração de riqueza e emprego para o desenvolvimento da região e do Estado da Paraíba.

Atualmente o nordeste brasileiro esta sofrendo as conseqüências da pior seca dos últimos 50 anos. Assim a quantificação das necessidades hídricas das culturas agrícolas no PISG torna-se importante para que a irrigação seja conduzida com maior eficiência e com o mínimo de impacto sobre os recursos hídricos da região.

Deste modo este trabalho tem o objetivo de quantificar a demanda hídrica para a irrigação das culturas agrícolas do Perímetro Irrigado de São Gonçalo em eventos extremos de precipitação, considerando um ano seco e um ano chuvoso.

2 – DESCRIÇÃO DO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO

O Perímetro Irrigado São Gonçalo (Figura 1) está localizado na cidade de Sousa, Estado da Paraíba, na bacia hidrográfica do rio Piranhas. Segundo a Classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Bsh (semiárido quente). A temperatura média anual é geralmente superior a 26°C com amplitude térmica anual inferior a 4°C. A umidade relativa do ar varia de 55% no período seco a 75% no período de chuva. A insolação média anual é igual a 8,7 horas, sendo registrados, dados da velocidade média do vento anual de 3,0 m/s. A precipitação média anual gira em torno de 895 mm, dos quais aproximadamente 78% ocorrem na estação chuvoso (janeiro a abril). As taxas de evaporação demonstram que os meses de outubro, novembro e dezembro apresentam maiores índices de evaporação e no período de abril a junho, são encontrados índices inferiores.

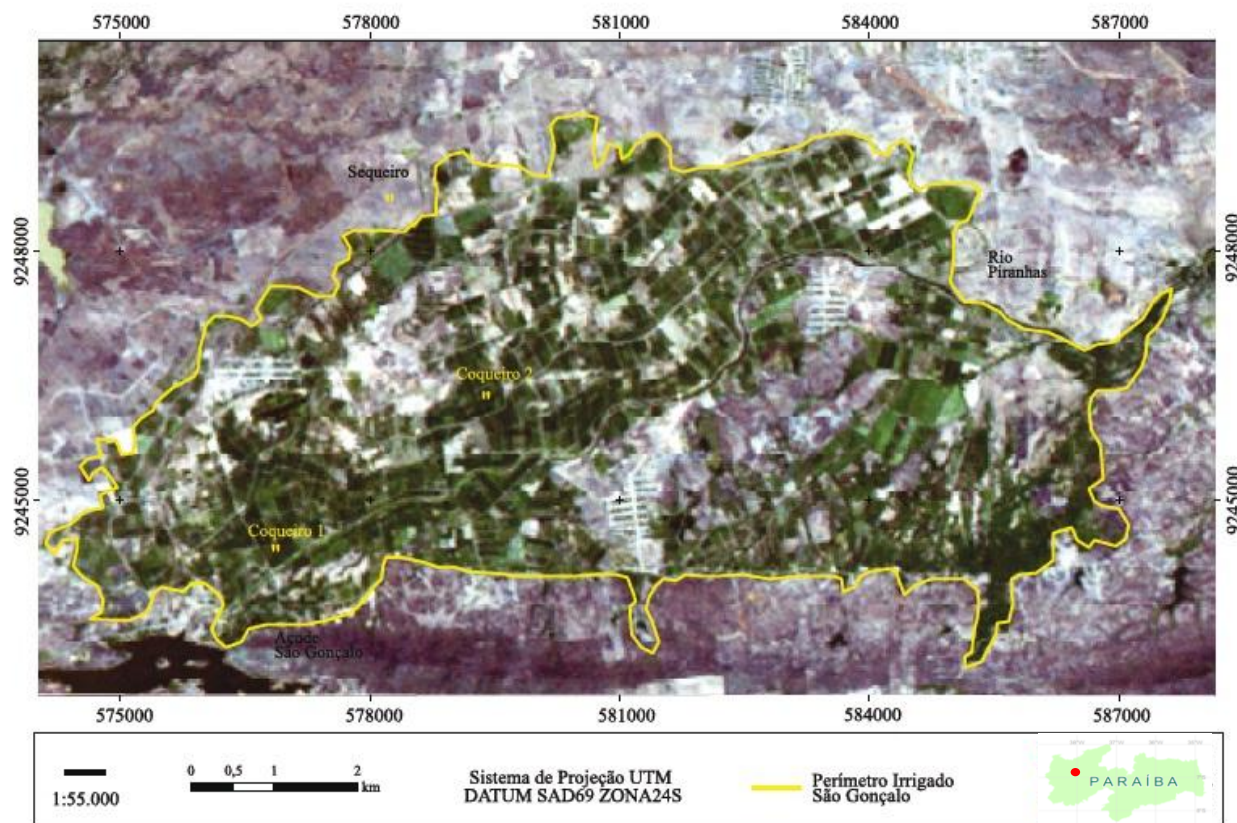


Figura 1 – Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG. (Fonte: Silva *et al.*, 2012)

O suprimento hídrico do perímetro irrigado é feito através dos Açudes Públicos Federais Engenheiro Ávidos (capacidade de armazenamento de 255 milhões de metros cúbicos) e São Gonçalo (capacidade de armazenamento de 44,6 milhões de metros cúbicos). A rede de irrigação de uso comum é constituída por canais principais e secundários, responsáveis pela condução de água até o limite dos lotes agrícolas. A captação é feita diretamente na tomada d'água do açude São Gonçalo (DNOCS, 2014).

A área irrigável do PISG é de 3.045,63 ha, sendo 1.936,90 ha destinados a pequenos produtores divididos em 452 lotes com área média de 4,28 ha; 201,10 ha destinados a técnicos agrícolas divididos em 19 lotes com área média de 10,58 ha; e 129,09 ha destinados a engenheiros agrônomos divididos em 8 lotes com área média de 16,13 ha (DNOCS, 2014).

O perímetro irrigado produz, atualmente, banana, coco, goiaba, maracujá, arroz, feijão, milho, tomate de mesa, algodão herbáceo e capim de corte. Outras atividades desenvolvidas no perímetro incluem: pecuária leiteira (bovinos) e produção de carne (bovinos) e de animais para reprodução (bovinos e ovinos) (DNOCS, 2014).

3 – METODOLOGIA

3.1 – Estimativa da demanda hídrica das culturas agrícolas irrigadas

Para a estimativa da quantidade mensal de água para a irrigação da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k durante o mês t utilizou-se a seguinte equação:

$$Q_{irr_{k,j,t}} = \frac{Nl_{k,j,t}}{(1 - LR_{k,j,t}) \cdot E_{sis_{k,j}} \cdot E_{ap_j}} \cdot Ac_{k,j,n} \quad (1)$$

sendo $Nl_{k,j,t}$ a necessidade hídrica suplementar da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k durante o mês t ; $LR_{k,j,t}$ a necessidade de lixiviação dos sais para a cultura agrícola j no mês t no perímetro ou área irrigada k ; $E_{sis_{k,j}}$ a eficiência do sistema de irrigação para cada cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k , E_{ap_j} a eficiência da aplicação da irrigação por cultura agrícola j e $Ac_{k,j,n}$ a área plantada com a cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n .

A necessidade hídrica suplementar ($Nl_{k,j,t}$) ou a lâmina de rega suplementar que a planta necessita, para cada intervalo de tempo do seu ciclo vegetativo, pode ser estimada por:

$$Nl_{k,j,t} = ETP_{k,j,t} - Pe_{k,t} - G_{k,j,t} - W_{k,t} \quad (2)$$

sendo $Pe_{k,t}$ a taxa de precipitação que infiltra no solo, que fica efetivamente a disposição das plantas no mês t no perímetro ou área irrigada k , chamada de precipitação efetiva; $G_{k,j,t}$ a dotação de água à zona radicular da cultura j durante o mês t por capilaridade que depende do tipo de solo e do nível do lençol freático no perímetro ou área irrigada k e $W_{k,t}$ a reserva de água no solo no início do mês t que depende da capacidade de armazenamento de água no solo no perímetro ou área irrigada k .

ETP_{k,j,t} a taxa de evapotranspiração potencial da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k durante o mês t, que pode ser estimada, de forma aproximada, por:

$$ETP_{k,j,t} = kc_{j,t} \cdot ET0_{k,t} \quad (3)$$

sendo kc_{j,t} o coeficiente de cultivo mensal da cultura agrícola j que reflete a sua necessidade hídrica no mês t e ET0_{k,t} a evapotranspiração de referência no mês t no perímetro ou área irrigada k.

A precipitação efetiva Pe_{k,t} pode ser estimada pela método desenvolvido pelo Soil Conservation Service do United States Department of Agriculture – SCS/USDA, em 1969, (Doorenbos e Pruitt, 1992) relaciona a precipitação mensal com a evapotranspiração potencial da cultura agrícola j no mês t, como apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da precipitação efetiva em função da evapotranspiração potencial da cultura agrícola e da precipitação média mensal - Método USDA/SCS.

		Precipitação (mm/mês)																	
		12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200		
		Precipitação efetiva (mm/mês)																	
Evapotranspiração potencial (mm/mês)	25	8	16	24															
	50	8	17	25	32	39	46												
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69									
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100					
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120			
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133		
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141		
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150		
	225	12	25	35	47	57	68	78	87	86	108	115	124	132	141	150	159		
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167		

Para a determinação da necessidade de lixiviação dos sais (LR_{j,k,t}) dissolvidos que se acumulam no solo cultivado utilizou as equações propostas por Rhoades e Merrill (1976 apud Gomes, 1999):

- Para irrigação por inundação ou aspersão de baixa frequência:

$$LR_{j,k,t} = \frac{CEa_{k,t}}{5 \cdot CE_j - CEa_{k,t}} \quad (4)$$

- Para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão):

$$LR_{j,k,t} = \frac{CEa_{k,t}}{5 \cdot CE_j} \quad (5)$$

sendo $CE_{a_{k,t}}$ a condutividade elétrica da água de irrigação aduzida para o perímetro irrigado k durante o mês t (em dS/m), medida a 25 °C; CE_j a condutividade elétrica do extrato de solo saturado (em dS/m) e que acarreta uma determinada redução no rendimento potencial da cultura agrícola j .

Conforme sugerido por Ayers e Westcot (1985 apud Gomes, 1999), escolhe-se o valor de CE_j que acarreta uma redução 10% do rendimento potencial da cultura agrícola j para a aplicação da Equação 4 e de 100% para a aplicação da Equação 5.

3.2 – Dados utilizados

A Tabela 2 apresenta as principais culturas agrícolas irrigadas cultivadas no PISG no ano de 2012, bem como a área total cultivada de cada cultura agrícola, o sistema de irrigação, o calendário de cultivo e o coeficiente de cultivo k_c .

Tabela 2 – Culturas agrícolas cultivadas no PISG em 2012.

Cultura agrícola	Método de irrigação	Área (ha)	Calendário e coeficiente de cultivo											
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Coco	Microaspeção	2.013,40	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
Banana	Microaspeção	454,22	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,10	0,90	0,80	0,80
Capim	Aspersão	167,60		0,75	1,15	1,15	1,12			0,75	1,15	1,15	1,12	
Goiaba	Microaspeção	19,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

Tem-se que a área irrigada total no ano de 2012 foi de 2.655,14 ha, sendo que mais de 90% da área irrigável é de culturas agrícolas perenes que estão em plena fase de produção, com destaque para a cultura do coco com mais de 2000 ha cultivados.

Os coeficientes de cultivo das culturas agrícolas para cada estágio de desenvolvimento foram determinados seguindo as determinações de Allen *et al.* (1998), Gomes (1999), Doorenbos e Kassam (2000) e Savva e Frenken (2002).

Os dados de precipitação foram fornecidos pela AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, para o posto pluviométrico São Gonçalo. A Tabela 3 apresenta os valores mensais do referido posto para o ano de 1998 (ano seco) e 2008 (ano chuvoso). Tais anos representam os eventos extremos de precipitação nos últimos 17 anos.

Tabela 3 – Precipitação mensal do posto pluviométrico São Gonçalo.

Ano	Precipitação (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1998	138,9	52,7	82,2	104,9	17,9	8,3	1,3	18,1	0	3,8	0	29,8	457,9
2008	249,8	131,5	714,6	326,8	327,3	24,8	19,8	5,5	0	5,6	0	31,7	1837,4

Fonte: AESA (2014).

O ano de 1998 foi um ano extremamente seco na região, o total precipitado correspondeu a cerca de 50% do total precipitado esperado (895,2 mm). Em 2008 o total precipitado correspondeu a mais de duas vezes do valor esperado.

A evapotranspiração de referencia foi obtida a partir de dados observados do tanque “Classe A” do posto climatológico de São Gonçalo (Tabela 4). Os valores mensais do coeficiente do tanque Kp para a área irrigada foram estimados de acordo com a metodologia de Doorenbos e Pruitt (1976 apud Gomes, 1999) considerando os dados mensais da velocidade do vento e da umidade relativa do ar da estação climatológica de São Gonçalo.

Tabela 4 – Dados de evaporação média mensal do tanque “Classe A” e do coeficiente Kp.

Posto Climatológico	Evaporação média mensal (mm)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
São Gonçalo ¹	300,7	213,9	195,5	170	183,1	176	216,4	274,8	315,1	344,7	333,9	332,5
Kp	0,7	0,7	0,85	0,85	0,75	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Fonte: SCIENTEC (1997)

Os dados referentes ao sistema de irrigação estão dispostos na Tabela 5. A eficiência de distribuição (Esis) está de acordo com Doorenbos e Kassam (2000) e Gomes (1999). A eficiência de aplicação (Eap) segue a disposição da Resolução nº 687 da Agencia Nacional de Águas (ANA, 2004).

Tabela 5 - Dados do sistema de irrigação aplicado para as culturas agrícolas.

Sistema de irrigação	Eap	Esis
Microaspersão	0,85	0,80
Aspersão	0,65	0,80

A condutividade elétrica das águas do reservatório São Gonçalo, segundo dados da SUDEMA (2014), é de cerca 0,22 dS/m (valor médio com base nos valores de 2005 a 2007) sendo considerada de boa qualidade não sendo necessário dotações de água para lixiviação de sais no solo (Ayers e Westcot, 1999).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta a quantidade mensal de água para a irrigação para o PISG nos anos de eventos extremos de precipitação. Observa-se que no ano seco (1998) há necessidade de irrigação em todos os meses para atender as necessidades hídricas das culturas agrícolas. Os valores variam de 2 milhões de m³, no mês de abril, a cerca de 9 milhões de m³ no mês de outubro. No ano chuvoso (2008), praticamente, só há necessidade de irrigação de junho a dezembro, ou seja, após a estação chuvosa (janeiro a abril). Entretanto, tem-se que a quantidade requerida nos meses de junho a

dezembro no ano chuvoso é praticamente igual à quantidade requerida no ano seco. De junho a dezembro a quantidade de água requerida corresponde a 97% da quantidade total requerida para o ano chuvoso e a 77% para o ano seco.

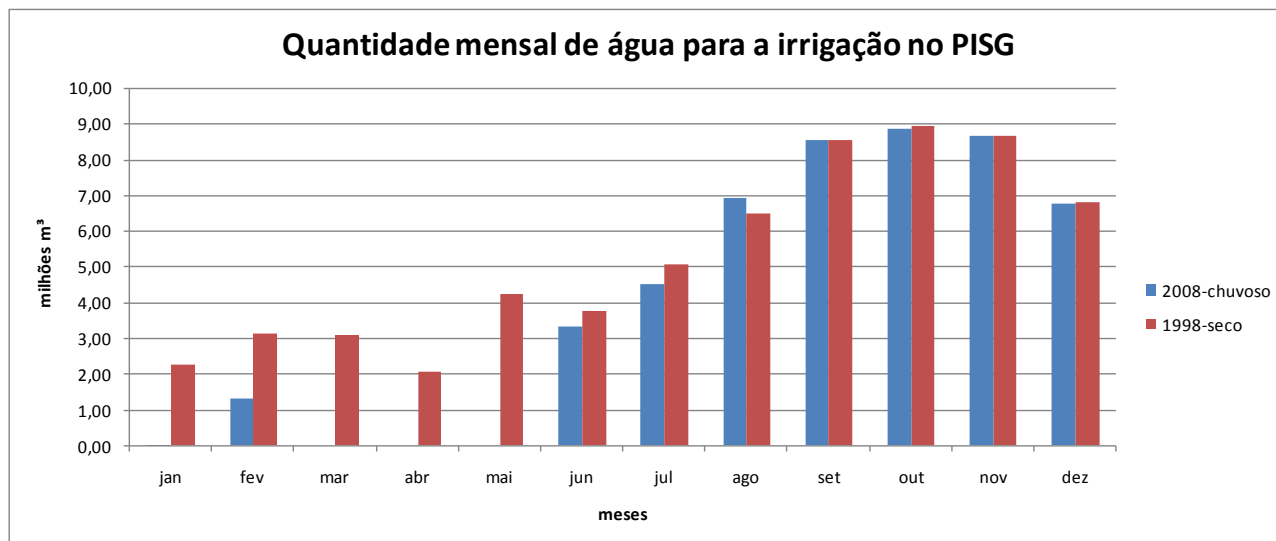


Figura 2 – Quantidade mensal de água para irrigação no PISG.

A Tabela 6 apresenta a quantidade de água requerida para cada cultura agrícola cultivada no PISG nos eventos extremos de precipitação analisados.

Tabela 6 – Quantidade de água requeridas das culturas agrícolas cultivadas no PISG.

Cultura agrícola	Quantidade de água requerida (10^6 m^3)	
	1998	2008
Coco verde	48,70	37,21
Banana	9,49	8,22
Capim	4,32	3,08
Goiaba	0,48	0,36
Total	62,99	48,86

Observa-se que a maior parcela da água requerida pelo perímetro irrigado é para atender as necessidades hídricas do coco verde, correspondendo a 77% da água total requerida no ano seco e 59% no ano chuvoso. Em todos os casos o total requerido é maior que a capacidade de acumulação do reservatório São Gonçalo (44,6 milhões de m^3) sendo assim, necessário o suporte hídrico do reservatório Engenheiro Ávidos.

A Figura 3 apresenta a vazão específica mensal para a irrigação para o PISG nos anos de eventos extremos de precipitação. Tem-se que as maiores vazões específicas ocorrem nos meses de setembro a novembro, tanto no ano chuvoso como no ano seco. Para o ano seco a vazão específica nos meses de janeiro a abril (estação chuvoso) ficou em torno de 0,4 l/s/ha. No ano seco a vazão específica média é de 0,75 l/s/ha e no ano chuvoso de 0,58 l/s/ha, ou seja, há uma redução de 23%

no valor da vazão específica média do ano seco para o ano chuvoso. Tais valores são maiores que o valor de 0,4 l/s/ha normalmente utilizado para a determinação da demanda agrícola em perímetros irrigados no nordeste brasileiro.

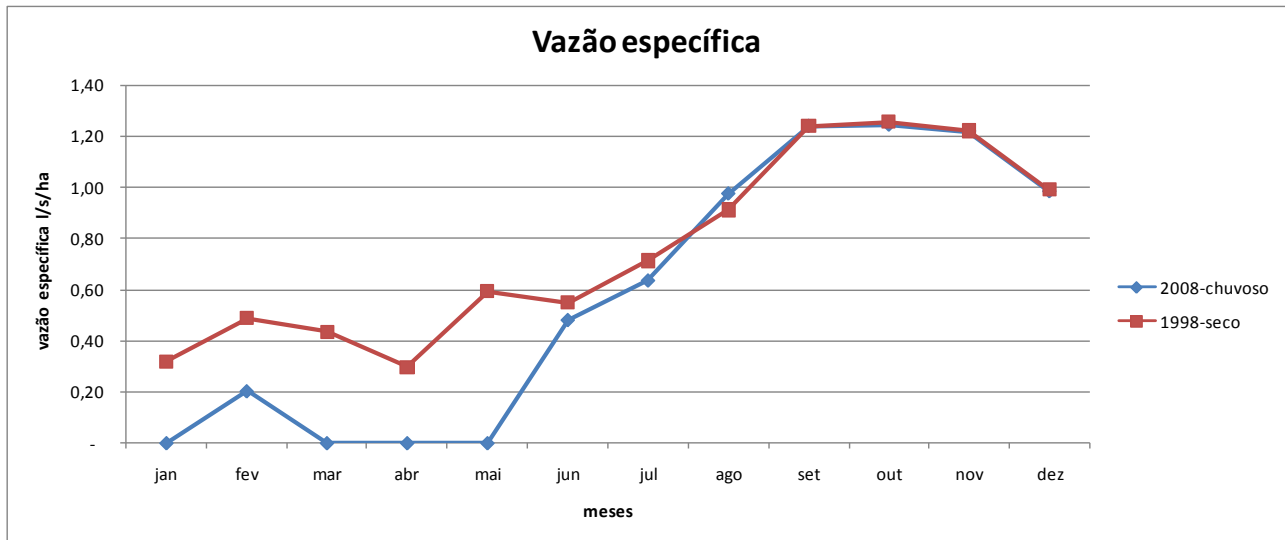


Figura 3 – Vazão específica mensal para o PISG.

5 – CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma metodologia para a quantificação da demanda hídrica de perímetros irrigados ou áreas irrigáveis considerando o cálculo da precipitação efetiva.

A quantidade de água requerida de junho a dezembro (estação seca) para o atendimento das necessidades hídricas das culturas agrícolas no perímetro irrigado de São Gonçalo independe se o ano é chuvoso ou seco, por causa, da concentração da precipitação na estação chuvosa (cerca de 80% da precipitação ocorrem de janeiro a abril). Porém, em um ano seco tem que se considerar a quantidade requerida para a irrigação das culturas agrícolas na estação chuvosa.

O volume total anual requerido para suprir as necessidades hídricas das culturas agrícolas no perímetro irrigado ultrapassa a capacidade de armazenamento do reservatório São Gonçalo sendo necessário o suporte hídrico do reservatório Engenheiro Ávidos.

Tais informações podem auxiliar os órgãos gestores para a expedição de outorga bem como no gerenciamento do uso das águas dos reservatórios da região podendo os mesmos, na falta de informações meteorológicas, considerarem os valores da vazão específica mensal para a quantificação da demanda hídrica do perímetro irrigado.

BIBLIOGRAFIA

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2014). Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarMesesChuvasMensais>
Data da consulta: 7 de maio de 2014.

ANA – Agência Nacional de Águas (2007). *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Caderno de Recursos Hídricos, 2. ANA Brasília – DF, 126 p.

ANA - Agência Nacional de Águas (2004). Resolução nº 687, de 03 de Dezembro de 2004.

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. (1999) *A qualidade da água na agricultura*. 2ª ed. DEAg/CCT/UFPB Campina Grande – PB, 153 p.(Estudos FAO irrigação e drenagem, 29 revisado 1)

DNCOS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (2014). *Perímetro Irrigado São Gonçalo*. Disponível em: http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/pb/sao_goncalo.htm. Data da consulta: 7 de maio de 2014

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. (2000). Tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Sousa, F. A. V. Damasceno, J. F. de Medeiros. *Efeito da Água no Rendimento das Culturas*. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, v. 33, UFPB, Campina Grande – PB, 360p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. (1984). *Crop Water Requirements*. FAO, Irrigation and Drainage Paper, 24. Rome - Italy. 144 p.

GOMES, H. P. (1999). *Engenharia de Irrigação Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento*. Editora Universitária – UFPB, Campina Grande-PB, 412 p.

LOPES, A. V.; FREITAS, M. A. S. (2003). “Avaliação das Demandas e Ofertas Hídricas na Bacia do Rio São Francisco Usando Modelo de Rede de Fluxo” in Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, Nov. 2003. (CD-ROM).

SAVVA, A. P.; FRENKEN, K. (2002). *Crop Water requirements and Irrigation Scheduling*. FAO, Irrigation Manual Module 4. Harare. 122p.

SCIENTEC (1997). Associação para Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas*. SEPLAN. Paraíba. Brasil.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, M. M.; GALVÍNICO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2012). “Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado no semiárido brasileiro por sensoriamento remoto”. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47-9, pp.1218-1226.

SUDEMA – SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.sudema.pb.org.br>. Data da consulta: 7 de maio de 2014.