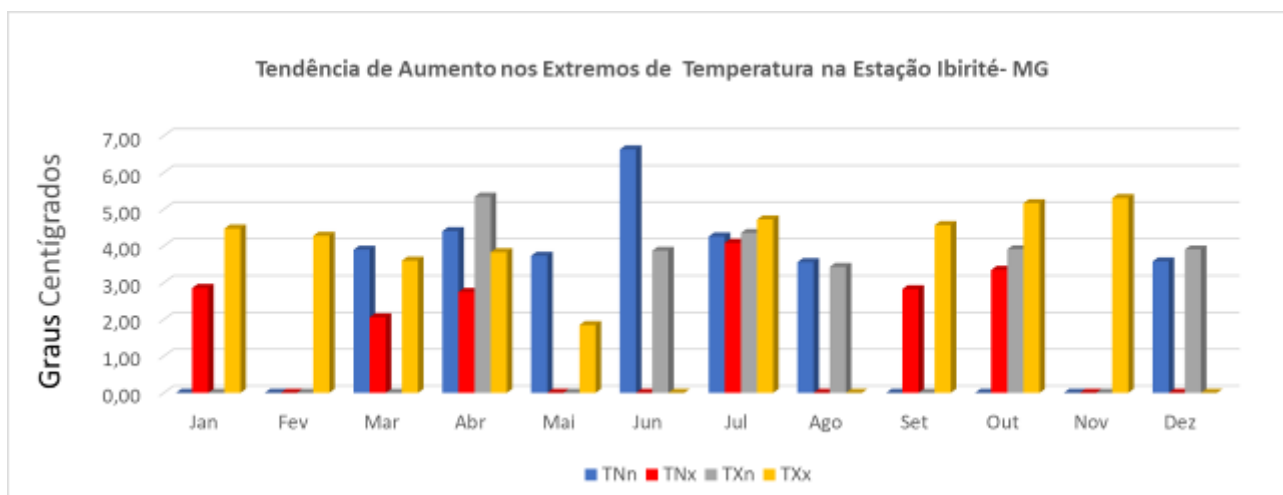


parâmetros foi verificada para TNn do mês de junho. No geral pode se observar um comportamento uniforme durante o ano porem nos meses mais frios as tendências de aumento da temperatura se destacam.

Figura 35: Tendência de aumento nos extremos de temperatura na Estação de Ibirité – MG



Fonte: Próprio autor

Os resultados encontrados para as tendências de aumento de temperatura na cidade de Ibirité convergem com os aqueles obtidos por Luiz Silva et al., (2014), visto que em ambos os casos se verificou tendência estatística de aumento das temperaturas.

Em relação ao indicador de menor temperatura das máximas diárias TXn, em Uberaba foram observadas para os meses de janeiro, outubro e dezembro enquanto para Ibirité essas máximas foram observadas tendências de elevação nos meses de abril, junho, julho, agosto, outubro e dezembro.

Já o índice de máximas temperaturas das máximas diárias TXx apresentou tendência positiva em seis meses em Uberaba enquanto em Ibirité foram em nove meses. O mês com maior tendência de aumento para Uberaba foi outubro podendo chegar a 6,63°C de aumento em 2100. Para Ibirité este valor poderá chegar a 5,31° no mês de novembro. Neste caso, ambos apresentam as maiores tendências nos verões.

5 CONCLUSÃO

Para os dados de precipitação 54% dos dados de SDII e 75% dos registros de R10 encontram-se acima da média. Também estão acima da média a metade dos dados de R20. A aplicação dos índices de extremos climáticos nos dados da cidade de Ibirité mostrou-se uma ferramenta adequada na análise de tendências de extremos climáticos para a região, no entanto, os dados analisados ainda são inconclusivos a respeito de haver ou não tendência em alterações nos padrão de chuvas. Foi identificado tendências de aumento para os índices de temperaturas máximas e mínimas para a cidade ao longo dos meses, porém sem padrão para a sazonalidade de período seco e chuvoso observadas.

Contudo, é importante ressaltar que a localização da cidade de Ibirité pode gerar influencia nos dados de temperatura verificados uma vez que, a mesma encontra-se próxima a uma região metropolitana adensada, e os índices elevados podem estar relacionando a mudança de uso e ocupação do solo e não necessariamente a mudanças climáticas extremas.

REFERÊNCIAS

BESSAT, Frédéric. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra Livre**, v.1, n. 20, p.11-26, 2003.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 16, p.70-75, 2005.

EEROLA, Toni Tapani. Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro. Florianópolis, 10p. 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/mapasite/mapasite.php#populacao>>. Acesso em 27/10/2018.

LUIZ SILVA, W., DEREZYNSKI, C. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências / UFRJ, v.34 – 2 /2014 p. 123-138.

LUIZ SILVA, W., DEREZYNSKI, C., CHANG, M., FREITAS, M., MACHADO, B. J., TRISTÃO, L., RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, 181-194, 2015.

NÓBREGA, J.N.; DOS SANTOS, C.A.C.; GOMES, O.M.; BEZERRA, B.G.; BRITO, J.I. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p.197-208, 2014.

OLIVEIRA, A. S., PEREIRA, G. A., RODRIGUES, A. F., NETO, J. O. M., 2018. Tendências em índices extremos de precipitação e temperatura do ar na cidade de Uberaba, MG. **Revista Sustentare**, v.2, n.1, jan/jul. 2018, p.134.

OBREGÓN, G. MARENGO, J.A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade. In: Caracterização do clima no século XX no Brasil: tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. Ministério do Meio Ambiente. Relatório 2, 87p. 2007.

QUEIROZ, Marise Aparecida. Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – **Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos**, UFMG, Belo Horizonte, 202p., 2013.

ROSSETI, Victor. Aquecimento Global – A percepção pública quanto as mudanças climáticas. **Net Nature**, 2017,

SOUZA, Paulo Henrique; SANCHES, Rafael Grecco; SANTOS, Bruno César dos. Índices Climáticos e Chuvas Intensas no município de Alfenas/MG no período de 1984-2016. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.1. n. 14, 321-342, 2018.

Recebido em 25/11/2019.

Aceito em 12/12/2019.

IMPACTO DA AGRICULTURA IRRIGADA NA POTÊNCIA HIDRELÉTRICA INSTALADA NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Felipe Bernardes Silva

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil
prof.felipe.silva@unincor.edu.br

Laura Thebit de Almeida

Doutoranda em Meteorologia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil
l.thebit@gmail.com

Edson de Oliveira Vieira

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil
edsonufmg@hotmail.com

RESUMO

O rio São Francisco é um dos rios mais importantes do Brasil, possuindo grande relevância nas regiões sudeste e nordeste, devido a sua localização geográfica e o desenvolvimento de várias atividades econômicas. A principal atividade econômica na região é a agricultura irrigada. Outra atividade econômica que também necessita de água na bacia são as usinas hidroelétricas. As usinas instaladas na calha do rio São Francisco necessitam de grandes volumes de água para a geração de energia, ao passo que da irrigação, deriva uma quantidade considerável da vazão do rio São Francisco para atender as demandas hídricas das culturas. Assim uma atividade exerce influência sobre a outra. Logo o objetivo do trabalho foi estimar a potência hidrelétrica que deixa de ser produzida em virtude da demanda hídrica necessária para atender as necessidades hídricas das culturas da banana, manga, uva, cana, milho e feijão na bacia do rio São Francisco. Foram estimadas a vazão mensal demandada pelas culturas e em seguida a potência instalada de deixa de ser gerada por tal vazão. A potência total instalada nas usinas hidrelétricas em estudo é de 9.971.500 kW, e os resultados mostram que no mês de setembro é onde se tem maior redução no potencial de irrigação (0,37%) o que corresponde a 36472,56 kW, seguido pelo mês de julho (0,24%), equivalendo a 25927,20 kW. Os resultados comprovam que nos meses da estação seca maiores são os impactos da agricultura irrigada em virtude da maior necessidade de irrigação nesse período.

Palavras chave: Demanda hídrica, energia elétrica, uso múltiplo de água.

IMPACT OF IRRIGATED AGRICULTURE ON HYDROELECTRIC POWER INSTALLED IN THE SÃO FRANCISCO RIVER BASIN

ABSTRACT

The São Francisco River is one of the most important rivers in Brazil, having great relevance in the southeast and northeast regions, due to its geographical location and the development of various economic activities. The main economic activity in the region is irrigated agriculture. Another economic activity that also needs water in the basin is hydroelectric plants. The plants installed in the São Francisco river gutter require large volumes of water for power generation, while irrigation generates a considerable amount of the São Francisco river flow to meet crop water demands. Thus one activity influences the other. Therefore, the objective of this study was to estimate the hydroelectric power that is no longer produced due to the water demand needed to meet the water needs of banana, mango, grape, sugarcane, corn and bean crops in the São Francisco river basin. The monthly flow demanded by the crops was estimated and then the installed power ceases to be generated by such flow. The total installed power in the hydroelectric plants under study is 9,971,500 kW, and the results show that in September is where there is the largest reduction in irrigation potential (0.37%), which corresponds to 36472,56 kW, followed by July (0.24%), equivalent to 25927.20 kW. The results show that in the dry season months the impacts of irrigated agriculture are greater due to the greater need for irrigation in this period.

Keywords: Water demand, electricity, multiple use of water.

1 INTRODUÇÃO

O rio São Francisco é um dos rios mais importantes do Brasil (SANTOS et al., 2017), a bacia do rio São Francisco possui grande relevância nas regiões sudeste e nordeste do Brasil, quer seja pela sua localização geográfica quer seja pelo contexto no qual está inserido, uma vez que possibilita o desenvolvimento de várias atividades econômicas em uma região tradicionalmente marcada pela seca (ARAÚJO; SOUZA, 2016). Apresenta uma vasta área territorial, cobrindo cerca de 619.543 km² (IBGE 2019). Tem origem no estado de Minas Gerais, na Serra da Canastra; a sua foz é no Oceano Atlântico, entre os estados de Sergipe e Alagoas (ARAÚJO; SOUZA, 2016; SILVA; CLARKE, 2004).

Devido à sua dimensão, a bacia do rio São Francisco apresenta uma grande variabilidade espacial em relação aos elementos climáticos, havendo ocorrência dos climas úmido, subúmido-úmido, subúmido-seco, semiárido e árido (ALVARES et al., 2013). Mas ao longo de toda a bacia, diante da variabilidade climática, apresenta duas estações climáticas bem definidas, a estação seca e a chuvosa (Tabela 1).

Tabela 15: Características hidroclimáticas da bacia do rio São Francisco por região hidrográfica

Característica	Regiões Fisiográficas			
	Alto	Médio	Sub médio	Baixo
Clima predominante	Tropical úmido e temperado de altitude	Tropical semiárido e subúmido seco	Semiárido e árido	Subúmido
Precipitação média anual (mm)	2.000 a 1.100 (1.372)	1.400 a 600 (1.052)	800 a 350 (693)	1.500 a 350 (957)
Temperatura média (°C)	23	24	27	25
Insolação média anual (h)	2.400	2.600 a 3.300	2.800	2.800
Evapotranspiração potencial média anual (mm)	1.000	1.300	1.550	1.500

Fonte: (ANA et al., 2003, 2004).

A principal atividade econômica na região é a agricultura (BRASIL, 2006), e a irrigação é fortemente predominante na bacia do São Francisco, principalmente na região do sub médio (SILVA; CLARKE, 2004). A fruticultura irrigada (ARAÚJO; SOUZA, 2016), voltada principalmente

para o mercado externo, é a atividade de maior relevância no setor agrícola. Dentre os diversos perímetros irrigados na bacia do rio São Francisco pode-se destacar aqueles situados ao redor das cidades de Juazeiro - BA e Petrolina – PE, como por exemplo Senador Nilo Coelho, o perímetro de irrigação do Jaíba - MG e o perímetro de irrigação de Pirapora - MG, onde são comuns cultivos de manga, banana e uva (EMBRAPA, 2004a, 2004b, 2009). Além destas, também existem importantes áreas com cultivo irrigado de culturas anuais tradicionais como, feijão e milho, principalmente no polo de Barreiras no oeste da Bahia, além de cultivo de cana de açúcar irrigada, com destaque para a região de Juazeiro/BA (EMBRAPA, 1994).

Assim como a irrigação, a geração de energia é uma importante atividade econômica na bacia do rio São Francisco (ARAÚJO; SOUZA, 2016). Devido à topografia favorável e a vazão considerável.

A eletricidade gerada no Brasil é predominantemente de origem hídrica, sendo que 69% da matriz energética é gerada por hidrelétricas, por ser mais barata e emitir menor quantidade de gases que contribuem para o efeito estufa (ANDRADE; SANTOS, 2015).

O rio São Francisco conta com uma série de usinas hidrelétricas que alimentam uma parte da região Sudeste e a quase totalidade da região Nordeste. As usinas instaladas na calha do rio São Francisco são Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga (Itaparica), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e IV e Xingó, cujas características estão representadas abaixo (Tabela 2).

Tabela 2: Aproveitamentos hidrelétricos e suas características na bacia do rio São Francisco

Usina	Dist. até a foz (km)	Dis. Entre Usinas (km)	Área de Drenagem (km ²)	A. Drenagem incremental (km ²)	Volume Útil (hm ³)	Potência Instalada (MW)
Três Marias	2.220		50.560	50.560	15.278	396
Sobradinho	800	1.420	498.425	447.865	28.669	1.050
Itaparica	310	490	587.000	88.575	3.548	1.500
Moxotó	270	40	599.200	12.200	226	400
P.A. I, II e III	270	0	599.200	0	90	1.423
P.A. IV	270	0	599.200	0	30	2.460
Xingó	210	60	608.700	9.500	5	3.000

Fonte: (ANA et al., 2003).

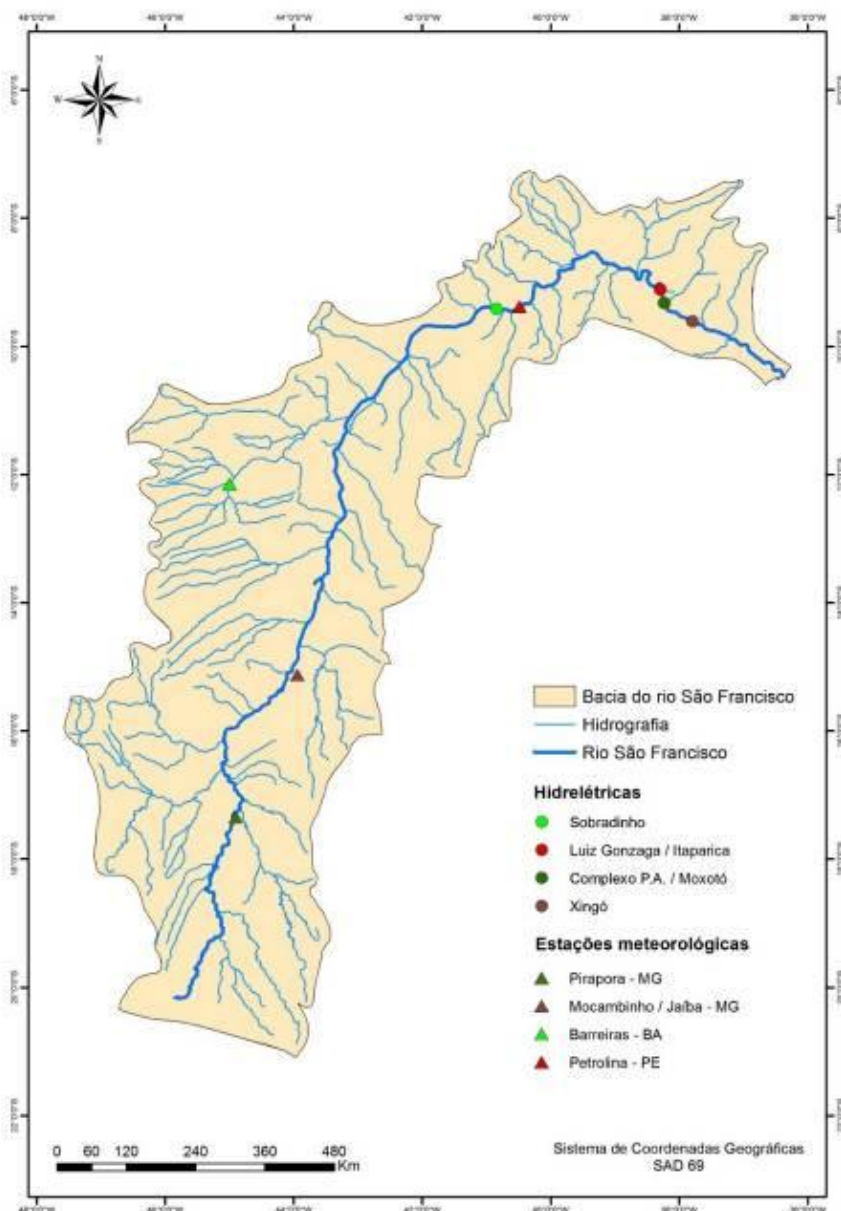
As usinas hidrelétricas utilizam a água para a geração de energia (ANA et al., 2003), entretanto a irrigação deriva uma quantidade considerável da vazão do rio São Francisco. Logo, é evidente a influência que uma atividade exerce sobre a outra, uma vez que as derivações promovidas pela irrigação interferem diretamente na geração de energia visto que reduzem a vazão do rio.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi estimar a potência hidrelétrica instantânea que deixa de ser produzida nas usinas no rio São Francisco em função da demanda pela irrigação de culturas agrícolas nas regiões Jaíba – MG e Petrolina – PE.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio São Francisco, especificamente nas localidades de Jaíba – MG e Petrolina – PE (Senador Nilo Coelho) e nas usinas de Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga (Itaparica), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e IV e Xingó (Figura 1)

Figura 1: Bacia do rio São Francisco: estações meteorológicas e hidrelétricas.



Através da vazão demandada pela irrigação de cada cultura nas localidades de Jaíba - MG e Petrolina - PE, das eficiências médias de irrigação associadas a cada método de irrigação utilizado e a área ocupada por cada cultura estimou-se a potência elétrica que deixa de ser gerada em função da irrigação na escala mensal.

A vazão utilizada pela irrigação em cada mês foi estimada conforme adaptação da equação descrita por Rodriguez (2004):

$$Q_m = \sum_{j=1}^{cn} \left[\frac{\left(\frac{IRN_j}{Ea_j} \right) A_j}{1000 \cdot ND.86400} \right]$$

em que:

- Q_m = vazão média, ($m^3 s^{-1}$);
 IRN_j = irrigação real necessária, ($mm\ mês^{-1}$);
 A_j = área irrigada de cada cultura, (ha);
 E_a = eficiência de aplicação da irrigação, decimal, adimensional;
 ND = número de dias do mês;
 cn = número de culturas irrigadas.

As culturas estudadas foram Manga, Banana, Uva, Cana, Milho e Feijão. Para a estimativa da demanda foi calculado a evapotranspiração para cada cultura. Os dados de coeficiente da cultura, e estádios de cada cultura e comprimento radicular foram adquiridos na FAO 56. A evapotranspiração de referência foi obtida para as estações meteorológicas 83483, 83389, 83236 e 82983. Todas as estações apresentaram pelo menos 10 anos de período base para os dados climáticos necessários para a estimativa da evapotranspiração.

Convencionou a utilização da maior quantidade de safras possíveis dentro do período de 1 ano. Sendo assim foi padronizado para as simulações o cultivo de um ciclo de banana, um ciclo de manga, dois ciclos de uva, uma safra de cana soca, três safras de milho e quatro safras de feijão.

Como os maiores perímetros irrigados na bacia encontram-se em Jaíba-MG e Petrolina-PE, a estimativa da energia elétrica que deixa de ser produzida em função da irrigação levou em consideração apenas os valores de área das culturas implementadas no Perímetro irrigado do Jaíba e no Perímetro irrigado Senador Nilo Coelho. Na Tabela 2 estão apresentados os valores referentes a área ocupada pelas culturas nos perímetros irrigados.

Tabela 2: Área ocupada pelas culturas nos perímetros irrigados do Jaíba - MG e Senador Nilo Coelho – PE

Dados dos perímetros irrigados		
	Perímetro irrigado do Jaíba-MG ¹	Perímetro irrigado Nilo Coelho-PE
Culturas	Área (ha)	Área (ha)
Banana	1098,39	1837,52
Manga	730,40	7745,60

Uva	2,50	4547,83
Cana	16,96	Não informado
Milho	36,00	Não informado
Feijão	10,27	Não informado

Fonte: 1 - Distrito de irrigação de Jaíba (2007);
2 - Distrito de irrigação Senado Nilo Coelho (2014).

Os valores médios de eficiência de irrigação em função dos sistemas de irrigação foram obtidos na literatura. No Tabela 3 são apresentados os valores utilizados nas simulações.

Tabela 3: Valores médios de eficiência de irrigação em função dos sistemas de irrigação na bacia do rio São Francisco

Eficiência de irrigação por sistema		
Cultura	Sistema	Eficiência
Banana	Microaspersão	0,79
Manga	Gotejamento	0,79
Uva	Gotejamento	0,79
Cana	Aspersão	0,70
Milho	Aspersão	0,70
Feijão	Aspersão	0,70

Fonte: (ANA; GEF; PNUMA; OEA, 2003a).

A estimativa da potência instantânea (kW) que deixa de ser gerada no rio São Francisco é estimada pela equação:

$$P = 0,736r \gamma \frac{QH}{75}$$

em que:

- P = potência ou capacidade instantânea de produção de energia elétrica que deixa de ser gerada, (kW);
- γ = peso específico da água, kgf m^{-3} .
- r = rendimento do conjunto turbina-gerador (valor médio sobre todas as unidades), adimensional;
- H = altura de queda líquida, correspondente à diferença entre os

níveis de montante e de jusante, menos as perdas médias por atrito na tubulação, (m);

Q = vazão total que deixa de ser turbinada pelo conjunto de unidades geradoras, em função das retiradas pela irrigação, ($m^3 s^{-1}$).

Na Tabela 4 são apresentados os valores utilizados de altura de queda e rendimento do conjunto turbina-gerador para as usinas hidroelétricas que compõem o sistema CHESF e que foram utilizadas na simulação (CICOGNA, 2003).

Tabela 4: Altura de queda (m) e rendimento para as usinas utilizadas na simulação

Usina	Altura de queda h (m)	Rendimento
Sobradinho	27,2	0,90
Itaparica	46,3	0,90
Complexo Paulo Afonso/Moxotó	112,8	0,98
Xingó	117,9	0,98

Fonte: Hydroexpert (CICOGNA, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da demanda hídrica das culturas pela irrigação em cada mês do ano possibilitou a obtenção da vazão média mensal requerida pelas culturas da banana, manga, uva, cana de açúcar, milho e feijão. Com base na vazão média mensal obteve-se a potência instalada mensal (em kW) que deixa de ser gerada, demonstrando o impacto médio que as irrigações das culturas promovem na geração de energia elétrica, em função das derivações nos perímetros irrigados do Jaíba - MG e Senador Nilo Coelho - PE.

O somatório da vazão média mensal requerida ($m^3 s^{-1}$) para a irrigação, assim como o somatório do volume total mensal (m^3) derivado pelas culturas da banana, manga, uva, cana, milho e feijão, nos perímetros irrigados do Jaíba - MG e Nilo Coelho - PE podem ser observados na Tabela 5.

A maior demanda necessária pela irrigação ocorre durante a estação seca, por conseguinte, as retiradas ocorrem em maior quantidade a partir do mês de abril. No caso de

Jaíba, isso ocorre porque a região caracteriza-se por apresentar um clima tropical, com as chuvas concentradas nos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro; e no caso de Petrolina um clima semiárido, que apresenta um baixo índice pluviométrico ao longo de todo o ano.

As maiores vazões captadas são observadas nos meses de agosto e setembro devido à elevada demanda hídrica das culturas, sendo que os valores registrados foram $12,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $12,72 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Tabela 5: Vazão total demandada pela irrigação das culturas de manga, uva, cana (soca), milho e feijão nos perímetros irrigado do Jaíba - MG e Senador Nilo Coelho – PE

Mês	Vazão	Volume total derivado
	$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$	m^3
Janeiro	4,45	11.910.696,14
Fevereiro	4,91	11.870.153,35
Março	3,06	8.199.410,95
Abril	7,12	18.442.867,72
Mai	8,46	22.664.677,28
Junho	8,22	21.309.381,93
Julho	9,04	24.223.021,38
Agosto	12,37	33.134.151,22
Setembro	12,72	32.976.040,94
Outubro	9,94	26.636.240,32
Novembro	3,41	8.832.038,52
Dezembro	1,60	4.281.860,90
Total		224.480.540,7

A potência que deixa de ser gerada varia de usina para usina, visto que cada uma possui características estruturais diferentes, conseqüentemente, diferentes capacidades de geração (Tabela 6). A potência total instalada nas usinas hidrelétricas em estudo é de 9.971.500 kW.

Tabela 6: Potência elétrica que deixa de ser produzida (kW) nas usinas hidrelétricas de Sobradinho, Itaparica, Complexo Paulo Afonso/Moxotó e Xingó, e a respectiva porcentagem em função da Potência total instalada (kW)

	Potência elétrica (kW)					
	Complexo					%
	Sobradinho	Itaparica	P.A/Moxotó	Xingó	Total	
Janeiro	1067,93	1817,83	4822,43	5040,46	12748,66	0,13

Fevereiro	1178,32	2005,75	5320,94	5561,52	14066,54	0,14
Março	735,17	1251,41	3319,80	3469,89	8776,27	0,09
Abril	1708,73	2908,61	7716,10	8064,96	20398,40	0,20
Mai	2032,14	3459,13	9176,53	9591,42	24259,22	0,24
Junho	1974,31	3360,69	8915,38	9318,47	23568,86	0,24
Julho	2171,87	3696,97	9807,47	10250,89	25927,20	0,26
Agosto	2970,85	5057,00	13415,43	14021,98	35465,26	0,36
Setembro	3055,23	5200,63	13796,46	14420,24	36472,56	0,37
Outubro	2388,24	4065,28	10784,54	11272,14	28510,20	0,29
Novembro	818,29	1392,90	3695,13	3862,20	9768,52	0,10
Dezembro	383,92	653,51	1733,65	1812,03	4583,11	0,05

Pelo fato das maiores vazões demandadas pela irrigação ocorrerem nos meses de junho, julho, agosto e setembro, as maiores reduções na potência ocorrem também nesses meses. No mês de junho a vazão média para atender as demandas das culturas pela irrigação ocasiona uma redução na potência instalada de aproximadamente 0,26%, ou seja, 25927,20 kW (ou 25 MW), enquanto que nos meses de julho, agosto e setembro essa redução é de 0,26%, 0,36% e 0,37%, respectivamente.

Os valores encontrados são, aparentemente, pequenos se comparados com a potência total instalada (9.971.500 kW); porém, se 887.400 kW é capaz de atender a demanda de uma cidade de 2 milhões de habitantes (ANEEL, 2002), desconsiderando os padrões de consumo específicos de cada região, 25927,20 MW (equivalente a energia que não é produzida) é capaz de atender uma população de 56 mil habitantes.

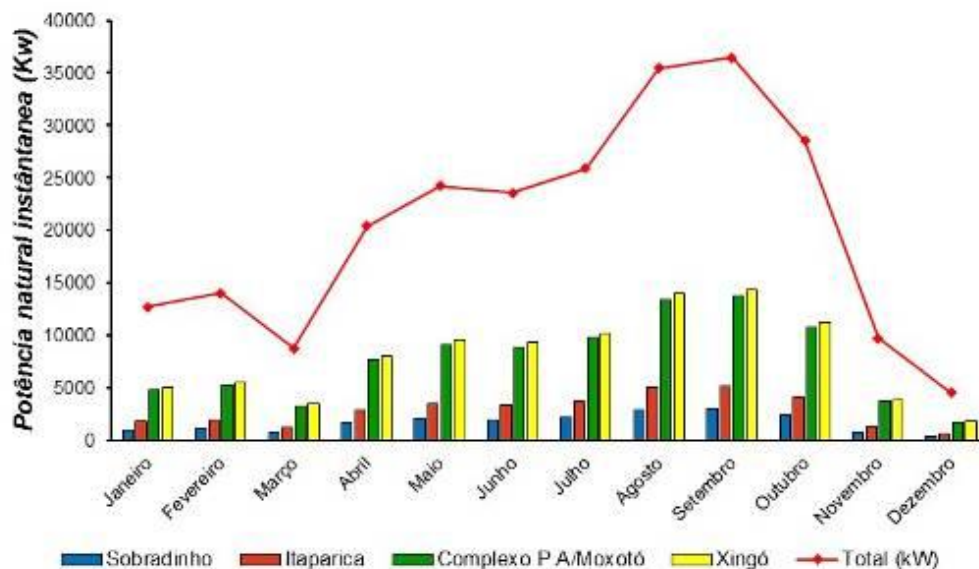
Além disso é importante ressaltar que neste estudo foram analisados apenas dois perímetros irrigados que captam água para a irrigação diretamente no rio São Francisco. Para uma análise mais aprofundada do real impacto que a irrigação promove na geração de energia elétrica devem ser considerados a maior gama de culturas possível, em todos os perímetros de irrigação instalados na bacia, quer seja no rio principal, quer seja em seus afluentes, além de quantificar o consumo referente aos usuários que não estão inseridos em perímetros irrigados, de modo a estimar a demanda hídrica total das culturas a serem supridas via irrigação na bacia.

O impacto das derivações em função da irrigação é amenizado pelas barragens dos reservatórios de Três Marias - MG e Sobradinho - BA, que servem como uma segurança durante os períodos mais secos do ano, liberando a água gradualmente do volume do reservatório, permitindo o pleno funcionamento das hidrelétricas e atenuando um possível conflito pelo uso da água.

Além de reduzir a geração de energia devido à água derivada, a irrigação também impõe outra pressão ao sistema, ao passo que durante essa época do ano a energia requerida pelos conjuntos moto bomba também aumenta.

As irregularidades nas precipitações, aliado ao aumento da demanda em função da construção de novos perímetros irrigados (tanto aqueles que retiram água diretamente da calha do rio São Francisco, quanto de seus afluentes) possivelmente, num cenário futuro resultarão, em um aumento expressivo desses valores, uma vez que uma série de novos perímetros já estão sendo implementados na bacia, assim como outros estão em fases de estudos de viabilidade econômica. É importante ressaltar que como a vazão do rio São Francisco é regularizada pelos reservatórios das Hidrelétricas de Três Marias e Sobradinho, a vazão que é retirada pela irrigação nos perímetros irrigados a montante desses aproveitamentos hidrelétricos (como os perímetros irrigados de Jaíba/MG e Nilo Coelho/PE) tem impacto direto no volume dos reservatórios e não sobre a potência diretamente, necessitando de estudos que trabalhem com a modelagem da dinâmica do reservatório, levando em consideração suas políticas operativas e seus horizontes de planejamento a curto, médio e longo prazos. Considerando uma situação hipotética em que a vazão média retirada promovesse um impacto direto na geração de energia ao longo do ano, essa poderia ser representada pela Figura 2.

Figura 2: Potência que deixa de ser gerada nas hidrelétricas de Sobradinho, Itaparica, Complexo Paulo Afonso/Moxotó e Xingó, devido a irrigação nos perímetros irrigados do Jaíba - MG e Senador Nilo Coelho - PE.



A situação se torna crítica ao passo que a partir do mês de junho a vazão do rio diminui em função da época seca, promovendo uma maior restrição no que se refere ao uso da água. Num cenário de mudanças climáticas, deve ser enfatizada a preocupação em relação ao contexto da bacia do rio São Francisco, uma vez que tanto a agricultura irrigada quanto a geração de energia elétrica utilizam a água como principal fator produtivo, ou seja, a medida que se reduz a disponibilidade, em função das variações nas precipitações, aumenta a competição pelo uso da água.

Conforme Machado; Netto, (2010), análises que coloquem frente a frente a irrigação com a geração de energia elétrica tendem a ser cada vez mais úteis no que se refere a adoção de um conjunto de ações que promovam a racionalização no uso da água e sua preservação para as gerações futuras. O mesmo autor ainda enfatiza a importância do desenvolvimento de ferramentas de auxílio aos processos de gestão dos recursos hídricos, levando se em conta a tutela dos colegiados e órgãos legais para tais finalidades.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o consumo de água pela irrigação para suprir a demanda das culturas, cultivadas nos perímetros irrigados de Jaíba e Senador Nilo Coelho, afetam a potência energética das usinas hidrelétricas na calha do rio São Francisco.

O percentual de redução é da ordem de 0,24%, 0,26%, 0,36% e 0,37%, de junho, julho, agosto e setembro respectivamente. Aparentemente é pequeno, mas abasteceria uma cidade de 50 mil habitantes.

O presente estudo possibilita perceber a dimensão da potência energética perdida devido ao consumo da água para a irrigação, mediante a tal resultado possibilita tomada de decisão em busca do consumo racional da água e preservação desta para as gerações futuras.

REFERENCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, dez. 2013.

ANA et al. **Projeto de Gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do Rio São Francisco - Subprojeto 4.3 - Quantificação e Análise da Eficiência do Uso da Água Pelo Setor Agrícola na Bacia do São Francisco**. Viçosa: [s.n.].

ANA et al. **Projeto de Gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do Rio São Francisco - Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013)**. Brasília: [s.n.].

ANDRADE, A. DE L.; SANTOS, M. A. DOS. Hydroelectric plants environmental viability : Strategic environmental assessment application in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1413–1423, 2015.

ANEEL. **Atlas da Energia Elétrica no Brasil**, 2002. (Nota técnica).

ARAÚJO, D. N. O.; SOUZA, E. C. DE. O Rio São Francisco e o desenvolvimento econômico de municípios mineiros localizados em sua bacia. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 34, p. 459–480, 2016.

BRASIL, M. DO M. A. **São Francisco - Caderno da Região Hidrográfica**. [s.l.: s.n.].

CICOGNA, M. A. **Um sistema de suporte à decisão para o planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de potência**. [s.l.: s.n.].

EMBRAPA. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. [s.l.: s.n.].

EMBRAPA. **Cultivo da Mangueira**. [s.l: s.n.].

EMBRAPA. **Cultivo da Videira**. [s.l: s.n.].

EMBRAPA. **Sistema de Produção da Bananeira Irrigada Embrapa Semiárido**. [s.l: s.n.].

Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananeiraIrrigada/cultivares.htm>>.

MACHADO, B.; NETTO, O. Análise econômica aplicada à decisão sobre alocação de água entre os usos irrigação e produção de energia elétrica: O caso da bacia do Rio Preto (DF/GO/MG). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 4, p. 105–119, 2010.

SANTOS, M. O. et al. Avaliação das alterações hidrológicas da bacia do rio São Francisco causadas pela construção da usina hidrelétrica de Sobradinho. **Scientia Plena**, v. 13, n. 11, p. 1–12, 2017.

SILVA, B. C. DA; CLARKE, R. T. Análise estatística de chuvas intensas na bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 265–272, 2004.

Recebido em 25/11/2019.

Aceito em 11/12/2019.