



Avaliação da influência do consumo de água pela agricultura irrigada no comprometimento hídrico da bacia hidrográfica do rio Itaúnas

**Bruno Peterle Vaneli¹, Lorena Gregório Puppini², Luana Lavagnoli Moreira³,
Rafael Rezende Novais⁴**

¹Instituto Jones dos Santos Neves/IJSN. E-mail: brunopvaneli@gmail.com

² Agência Estadual de Recursos Hídricos/AGERH. E-mail: lorenapuppini@gmail.com

³Instituto Jones dos Santos Neves/IJSN. E-mail: lavagnoliluana@gmail.com

⁴Agência Estadual de Recursos Hídrico/AGERH. Email: rafael.rezende.novais@gmail.com

Resumo

Este trabalho apresenta uma avaliação da influência do consumo de água pela agricultura irrigada no balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Itaúnas. A estimativa dos valores de vazão de consumo baseou-se na obtenção da lâmina bruta de irrigação de cada cultura irrigada e a disponibilidade hídrica foi caracterizada pela vazão mínima Q_{90} por meio de equação de regionalização. Como resultado, verificou-se que a atividade de irrigação exerce forte influência sobre o balanço hídrico de algumas Unidades de Planejamento da bacia hidrográfica do rio Itaúnas, a ponto de poder limitar os diversos usos dos recursos hídricos existentes na situação de menor disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: Irrigação. Vazão mínima. Unidade de planejamento.

Área Temática: Recursos Hídricos

Evaluation of the influence of water consumption by irrigated agriculture on the water impairment of the itaúnas river basin

Abstract

This paper presents the influence evaluation of water consumption by irrigated agriculture on the surface water availability in the Itaunas river basin. The consumption flow values estimation was obtained by the crude irrigation depth of each irrigated crop and the water availability was characterized by the minimum flow rate Q_{90} calculated by a regionalization equation. It was verified that the irrigation activity has a strong influence on water availability of some Planning Units of the Itaunas river basin. As consequences of this situation, the multiples uses of the water resources in this basin can be limited.

Key words: Irrigation. Minimum flow. Planning Units.

Theme Area: Water Resources



1 Introdução

Sabe-se que a agricultura é um importante setor da economia brasileira e mundial, e que a irrigação é fundamental para garantir a segurança alimentar, a subsistência dos produtores rurais e o desenvolvimento econômico, especialmente em regiões semiáridas (SINGH, 2014). Diversos benefícios podem ser adquiridos por meio da irrigação, tais como o aumento da produtividade, a redução de custos unitários, a atenuação de riscos climáticos/meteorológicos e a otimização de insumos e equipamentos (ANA, 2017).

Em termos globais, o uso sustentável dos recursos hídricos no meio agrícola tem se tornado um desafio, visto que a produção mundial de alimentos necessita de um aumento de cerca de 60% (FAO, 2013) para alimentar uma população de mais de 9,5 milhões de pessoas em 2050 (VANLAUWE et al., 2014). Como contraponto, a agricultura irrigada é o setor usuário responsável pelo maior consumo de água no Brasil e no mundo. Segundo dados levantados pela Agência Nacional das Águas (ANA), a agricultura irrigada no Brasil é responsável pela retirada de cerca de 969 m³/s e pelo consumo de 745 m³/s. Esse valor absoluto de consumo representa 67% da soma de todos os usos consuntivos (ANA, 2017).

Portanto, a sustentabilidade dos recursos hídricos é fortemente dependente da gestão adequada e da utilização racional da água no meio agrícola (FASAKHODI et al., 2010). A depender do grau de consumo e da disponibilidade hídrica, particularmente em condição de vazões mínimas, o recurso hídrico pode se tornar indisponível para outros setores usuários por um dado período, potencializando o surgimento de conflitos. Esses conflitos, necessitam de soluções específicas, com discussão dos setores interessados no âmbito dos comitês de bacia (TUCCI et al., 2000). Logo, sem planejamento e gerenciamento adequados a agricultura irrigada pode reduzir a biodiversidade e ocasionar outros problemas ambientais na bacia hidrográfica (SINGH, 2014).

O estado do Espírito Santo, desde do ano de 2015, tem passado por longos períodos de estiagem, levando grande parte do território à condição de déficit hídrico. Condição esta que ficou mais destacada na região norte do estado, onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Itaúnas, caracterizada pela baixa incidência de chuva e pela concentração de uma das maiores áreas irrigadas do estado, especialmente no município de Pinheiros (ANA, 2016a).

Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a influência do consumo de água pela agricultura irrigada na disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do rio Itaúnas. Para isso, foram estimados os valores das vazões de consumo para cada um dos cultivos agrícolas irrigados na bacia, comparando-os com a disponibilidade hídrica na condição de vazão mínima. Este estudo é fruto dos resultados alcançados no âmbito do projeto de pesquisa “Diagnóstico e Prognóstico das Condições de Uso da Água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Itabapoana (parte capixaba), Itapemirim, Itaúnas (parte capixaba), Novo e São Mateus (parte capixaba) como subsídio fundamental ao Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos”, conduzido pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), em parceria com a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH), Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

2 Metodologia

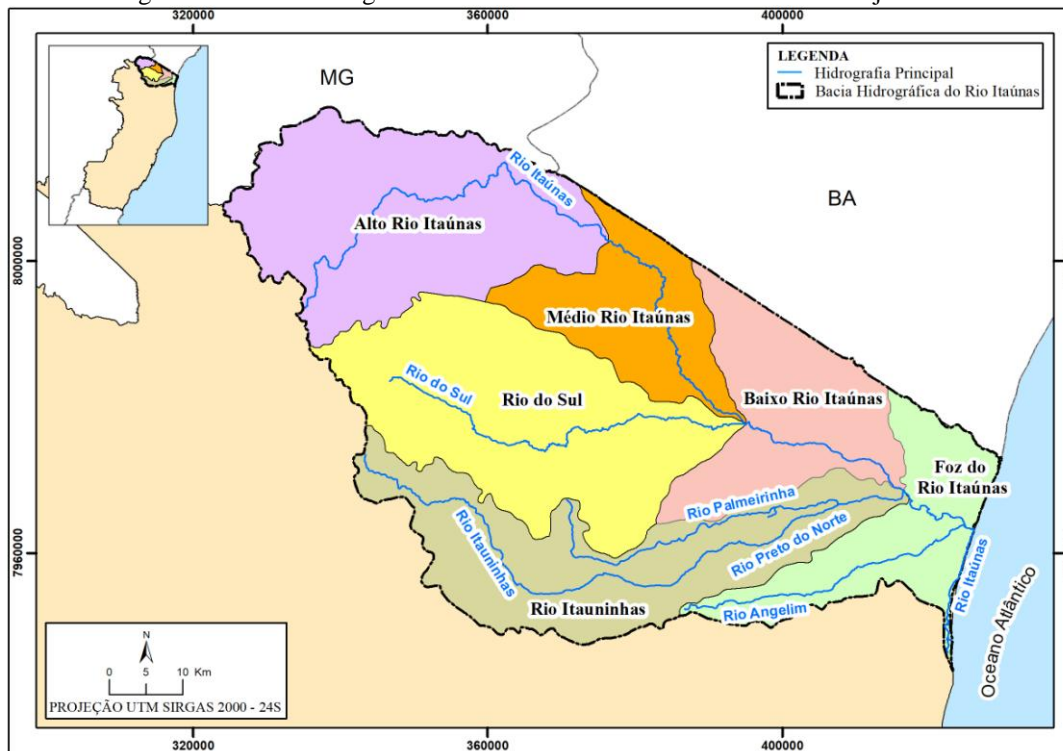
2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Itaúnas está localizada na região norte do estado do Espírito Santo (Figura 1). Limita-se ao Norte e a Oeste com a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, ao Sul com a Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus e a Leste com o Oceano Atlântico. Possui área de drenagem de aproximadamente 4.429 km² e, no estado do Espírito



Santo, abrange quase em sua totalidade os municípios de Mucurici, Montanha, Pedro Canário e Pinheiros e parte dos municípios de Boa Esperança, Ponto Belo, Conceição da Barra e São Mateus.

Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas e suas Unidades de Planejamento.



Como pode ser observado na Figura 1, a bacia hidrográfica está subdividida em seis Unidades de Planejamento (UP): Alto Rio Itaúnas, Médio Rio Itaúnas, Rio do Sul, Baixo Rio Itaúnas, Rio Itauninhas e Foz do Rio Itaúnas. Essas divisões foram estabelecidas no âmbito da elaboração do seu Plano de Recursos Hídricos (porção Espírito-Santense da bacia), e correspondem à área de drenagem localizada no estado do Espírito Santo. Ressalta-se que para o cálculo da disponibilidade hídrica foi considerada toda a área de drenagem da bacia hidrográfica do rio Itaúnas, inclusive as porções localizadas no estado de Minas Gerais e Bahia.

2.2 Estimativa das vazões de consumo da irrigação

O método empregado para estimativa dos valores das vazões de consumo baseou-se na obtenção da lâmina bruta de irrigação (L_i), a qual fornece uma ideia do balanço hídrico mensal entre a evapotranspiração real e a precipitação efetiva associadas à cultura, de modo que valores negativos de L_i indicam que o saldo é positivo no mês de análise, não havendo, portanto, necessidade de irrigação da cultura nessa época. Para essa estimativa, foi necessária a aquisição da área irrigada de cada cultura; da evapotranspiração real das culturas; da precipitação efetiva; e da eficiência dos sistemas de irrigação.

No processo de estimativa foram assumidas as seguintes simplificações: distribuição espacial da área plantada é proporcional à distribuição das áreas municipais por unidade de planejamento; área irrigada não varia ao longo do ano; valor do coeficiente de cultura (K_c) igual ao apresentado em Allen *et al.* (1998); valor do coeficiente de umidade do solo (K_s) igual ao apresentado em ONS (2005); valor do coeficiente de eficiência de aplicação (E_a) igual ao apresentado em ANA (2002); todas as culturas permanentes irrigadas utilizam



irrigação localizada, enquanto que as culturas não permanentes irrigadas utilizam irrigação por aspersão convencional; para todos os cultivos, assumiu-se uma captação de água superficial de oito horas por dia, durante o ano inteiro; vazão demandada por um dado cultivo, em cada UP, corresponde à média dos valores de vazão observados ao longo do ano para o referido cultivo; e a vazão total demandada para irrigação em cada UP corresponde à soma das vazões médias estimadas para cada um dos cultivos identificados na UP.

Para estimativa da área irrigada utilizou-se o relatório de área colhida fornecida pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). No referido relatório estão disponibilizados os valores de áreas totais irrigadas de diversos tipos de cultivos, por município, para o ano 2016. A distribuição das áreas irrigadas de cada cultura em cada UP foi obtida pelo produto entre a área total irrigada, por cultivo, de cada município e o percentual de área municipal inserida em cada uma das UPs.

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi obtida do *grid* meteorológico para o Brasil elaborado por Xavier *et al.* (2016). Nesse trabalho foram interpolados dados de 3265 pluviômetros e 734 estações meteorológicas provenientes das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE), entre o período de 1980 a 2013. A evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) foi estimada por meio do produto entre o valor de ET_0 e coeficiente de cultura (K_c), resultando em valores mensais por cultivo.

Os valores médios do coeficiente da cultura (K_c) que foram utilizados no cálculo da ET_{pc} são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Coeficiente K_c para as culturas identificadas na bacia hidrográfica do rio Itaúnas.

| Cultivo | K_c | Cultivo | K_c | Cultivo | K_c |
|----------|-------|-------------|-------|----------|-------|
| Banana | 1,15 | Batata Doce | 1,15 | Borracha | 1,0 |
| Feijão | 1,1 | Café | 0,95 | Melancia | 1,0 |
| Goiaba | 0,8 | Mamão | 0,87 | Alface | 1,0 |
| Abacaxi | 0,4 | Coco | 1,0 | Milho | 1,2 |
| Cana | 1,25 | Abóbora | 1,0 | Nozes | 1,1 |
| Citros | 0,7 | Jiló | 1,05 | Pimenta | 1,0 |
| Maracujá | 0,77 | Cacau | 1,05 | Quiabo | 1,0 |

Fonte: ALLEN *et al.* (1998) (FAO *Irrigation and Drainage Paper*, 56).

Já o valor de Evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}) foi obtido pelo produto entre ET_{pc} e o coeficiente de umidade do solo (K_s), resultando em valores também mensais por cultivo. Os valores adotados para o coeficiente K_s , conforme ONS (2005), foram de 0,81 para a irrigação por aspersão convencional e 0,88 para a irrigação localizada.

Para o cálculo da precipitação efetiva mensal foi empregada a metodologia proposta pelo *United States Department of Agriculture* (USDA), descrita por Doorenbos e Pruitt (1992), no Boletim FAO nº 24. Nessa metodologia, os valores mensais de precipitação efetiva são estimados tendo-se como parâmetros de entrada as variáveis evapotranspiração potencial da cultura e precipitação mensal. Para a estimativa, realizou-se interpolação linear dupla no software Excel. Dessa forma, foi atribuído a cada cultivo agrícola um valor de precipitação efetiva para cada mês do ano.

Os valores da eficiência de aplicação (E_a) adotados para os sistemas de irrigação por aspersão convencional e irrigação localizada foram de 0,71 e 0,79, nessa ordem (ONS, 2005; LUME, 2013).

A lâmina bruta mensal de irrigação requerida para cada cultura foi estimada por meio



da Equação 1.

$$L_i = \frac{ET_{rc} - P_{ef}}{E_a} \quad (1)$$

Onde, L_i é a lâmina bruta mensal de irrigação da cultura (mm/mês); ET_{rc} é a evapotranspiração real mensal da cultura (mm/mês); P_{ef} é a precipitação efetiva mensal da cultura (mm/mês); e E_a é a eficiência de aplicação (adimensional).

De posse dos valores de lâmina bruta de água requerida por uma dada cultura e dos valores de área irrigada em cada unidade de planejamento foi possível estimar a vazão de retirada mensal (Q_{mi}) para fins de irrigação, por meio da Equação 2.

$$Q_{mi} = 10 \cdot A_{mi} \cdot L_i \quad (2)$$

Onde, $Q_{m,i}$ é a vazão de retirada mensal para irrigação (m³/mês); $A_{m,i}$ é a área irrigada mensal da cultura (ha); e "10" é o fator de conversão de unidades (milímetro e hectare para metro). Porém, para a estimativa da demanda de água foi necessário converter a unidade m³/mês para l/s pois admitiu-se que a captação de água era realizada por oito horas diárias em todos os dias do ano. Considerando essa premissa, estimou-se o valor da vazão de retirada em litros por segundo (l/s) por meio da Equação 3.

$$Q = \frac{Q_{m,i}}{N^{\circ} \text{ de dias do mês}} \cdot 0,03472 \quad (3)$$

Onde, Q é a vazão de retirada (l/s) para irrigação de um dado cultivo e $Q_{m,i}$ é a vazão de retirada mensal para irrigação (m³/mês) e "0,03472" é o fator de conversão de unidades.

Assumiu-se que a vazão de retorno é proporcional à soma das perdas de água por percolação e por escoamento superficial e também é proporcional à magnitude da vazão de retirada, conforme ONS (2005). Os valores das vazões de retorno associadas a cada tipo de cultivo foram estimados por meio da Equação 4.

$$Q_{i,r} = Q \cdot (P_p + P_{esc}) \quad (4)$$

Onde, $Q_{i,r}$ é a vazão de retorno (r) do cultivo (i), (l/s); Q é a vazão de retirada (l/s); P_p é a perda de água por percolação, adimensional; e P_{esc} é a perda por escoamento, adimensional.

Para a estimativa da parcela $P_p + P_{esc}$ utilizou-se a relação (Equação 5) sugerida por ONS (2005):

$$P_p + P_{esc} = 1 - P_{ev} - E_a \quad (5)$$

Em que, P_{ev} corresponde às perdas por evaporação e arraste, adimensional; e E_a é a eficiência de aplicação, adimensional, já apresentada.

Assumiu-se que os sistemas de irrigação por aspersão produzem uma perda de água por evaporação de 10,9% (ANA, 2002). Para os sistemas de irrigação localizada, assumiu-se essas perdas desprezíveis, quando comparadas àquelas por aspersão.

Já a vazão de consumo da irrigação corresponde à diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno, dada pela Equação (6).

$$Q_{i,c} = Q - Q_{i,r} \quad (6)$$

Onde, $Q_{i,c}$ é a vazão de consumo em l/s. De posse dos valores de vazão de consumo, pôde-se avaliar o consumo total de água associado à irrigação na bacia hidrográfica do rio Itaúnas.

2.3 Estimativa da vazão de referência Q_{90}

A disponibilidade hídrica na bacia foi caracterizada em função da vazão mínima Q_{90} , uma vez que essa é adotada como vazão de referência pela Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). Para sua estimativa empregou-se a equação de regionalização (Equação



7) adotada atualmente pela AGERH nos processos de outorga para essa bacia, conforme Nota Técnica SUORE/GRH/IEMA Nº 007/2013, apresentada a seguir.

$$Q_{90} = 2,2105.10^{-3}.AD \quad (7)$$

Onde: Q_{90} é a vazão com permanência de 90% no tempo, em m^3/s ; e AD a área de drenagem acumulada a montante da foz, em km^2 .

As únicas UPs que não apresentaram saldos hídricos de montante foram as UPs Rio do Sul e Rio Itauninhas.

3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores de demanda hídrica para irrigação, em termos de vazão de consumo, estimados em cada unidade de planejamento da bacia hidrográfica do rio Itaúnas. Nota-se que a demanda hídrica total para irrigação nessa bacia é de $11,5 m^3/s$.

Tabela 1 – Vazão de consumo para irrigação em cada Unidade de Planejamento.

| Unidade de Planejamento | Total (m^3/s) | Percentual |
|-------------------------|-------------------|------------|
| Alto Rio Itaúnas | 1,0 | 9% |
| Médio Rio Itaúnas | 0,7 | 6% |
| Rio do Sul | 3,7 | 32% |
| Baixo Rio Itaúnas | 0,5 | 5% |
| Rio Itauninhas | 5,4 | 47% |
| Foz do Rio Itaúnas | 0,1 | 1% |
| Total | 11,5 | 100,0% |

Verifica-se que a UP Rio Itauninhas é a que possui o maior consumo de água para irrigação, a qual representa 47% da vazão total demandada na bacia do rio Itaúnas, seguida da UP Rio do Sul (32%).

De modo geral, foi diagnosticado que na bacia hidrográfica do rio Itaúnas os cultivos mais relevantes, em termos de consumo de água para irrigação, são o café (75%), o mamão (7%) e o milho (6%). Numa análise por unidade de planejamento, foi possível perceber que em todas as UPs o café é o cultivo que representa o maior consumo de água para irrigação, com exceção da UP Foz do Rio Itaúnas onde o plantio de coco possui maior consumo (30,5%). Os percentuais relativos à vazão demandada pelo plantio de café variam de 25,6% na UP Foz do Rio Itaúnas até 83,7% na UP Médio Itaúnas. Destacam-se também as vazões de consumo relativas ao plantio de: mamão (9,9%) na UP Alto Rio Itaúnas; mamão (4,7%) e pimenta-do-reino (4,6%) na UP Médio Rio Itaúnas; milho (9,6%), mamão (4,7%) e pimenta-do-reino (4,2%) na UP Baixo Rio Itaúnas; mamão (6,5%) e milho (5,9%) na UP Rio do Sul; milho (7,7%) e mamão (7,1%) na UP Rio Itauninhas; e café (25,6%), mamão (9,9%), pimenta-do-reino (7,9%) e feijão (6,8%) na UP Foz do Rio Itaúnas.

Na Tabela 2 são apresentadas as áreas de drenagem de cada UP, conforme ilustrado na Figura 1, as áreas de drenagem acumuladas a montante da foz da UP, os valores de Q_{90} estimados e na última coluna, a razão entre a vazão consumida pela irrigação e a Q_{90} .

Tabela 2 – Comprometimento hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas.

| UP | Área de drenagem da UP (km^2) | Área de drenagem acumulada (km^2) | Q_{90} (m^3/s) | Vazão de consumo / Q_{90} (%) |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Alto Rio Itaúnas | 1.011,9 | 1.140,0 | 2,5 | 40% |
| Rio do Sul | 1.068,2 | 1.068,2 | 2,4 | 156% |



| | | | | |
|--------------------|-------|---------|------|------|
| Médio Rio Itaúnas | 446 | 1.586,0 | 3,5 | 19% |
| Rio Itauninhas | 873,6 | 873,6 | 1,9 | 286% |
| Baixo Rio Itaúnas | 563,5 | 3.218,0 | 7,1 | 7% |
| Foz do Rio Itaúnas | 465,5 | 4.557,0 | 10,1 | 1% |

Nota-se que o consumo de água pela irrigação tem muita influência no comprometimento hídrico das UPs Rio do Sul e Rio Itauninhas, onde as vazões de consumo superam em muito a disponibilidade hídrica na condição de vazão mínima, 156 e 286%, respectivamente, cenário esse que dificulta a garantia dos usos múltiplos e que potencializa o surgimento de conflitos nessas regiões.

Salienta-se que não foi contabilizado os outros consumos de água oriundos do abastecimento humano e industrial e criação de animais, que tornariam o cenário ainda mais crítico. A situação tende a se agravar na perspectiva de prognóstico, caso a conjuntura atual se mantenha. Dessa forma, devem ser propostas ações de gestão e estruturais com vista à garantia dos usos atuais e futuros da água. Entre elas, as que promovam o uso racional da água na irrigação e boas práticas de manejo do solo e água. Segundo ANA (2016b), boas práticas de manejo do solo e da água podem garantir aos irrigantes eficiências de uso dos recursos hídricos superiores a 90%.

Na UP Alto Rio Itaúnas também é observada influência razoável da irrigação sobre o balanço hídrico (40%), considerando que o percentual máximo outorgável pela AGERH é de 50% da Q_{90} .

Já nas demais unidades de planejamento, UPs Médio Rio Itaúnas, Baixo Rio Itaúnas e Foz do Rio Itaúnas, verifica-se que os percentuais de comprometimento são relativamente baixos quando comparado aos valores observados nas demais UPs, 19%, 7% e 1%, nessa ordem. Chama-se a atenção para o fato de que essas UPs recebem saldo hídrico de montante, além da água drenada em sua própria área, e que possuem menores percentuais de consumo de água para irrigação.

4 Conclusão

Este trabalho mostrou que as Unidades de Planejamento que mais consomem água para fins de irrigação são a Rio do Sul e Rio Itauninhas. Pôde-se concluir que a atividade de irrigação exerce forte influência sobre o comprometimento hídrico de algumas Unidades de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas. Verificou-se que atualmente, na situação de menor disponibilidade hídrica, pode haver limitação dos diversos usos dos recursos hídricos existentes nas UPs Rio do Sul e Rio Itauninhas, fato que potencializa o surgimento de conflito pelo uso da água nessas regiões. Portanto, essas UPs são áreas prioritárias para investimento em ações de gestão e ações estruturais, especialmente no setor de agricultura irrigada, visando a garantia dos usos múltiplos da água. Nas demais Unidades de Planejamento, observou-se que a atividade de irrigação exerce menor influência sobre seu comprometimento hídrico.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Projeto São Francisco – Estimativa da eficiência do uso da água pela irrigação na Bacia do São Francisco**. Brasília, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs**



Centrais no Brasil – 2014. Brasília, 2016a. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2016.** Brasília, 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada.** Brasília, 2017.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014.** Brasília, 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements.** FAO Irrigation and drainage paper 24, Rome, 1992. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/s8376e/s8376e.pdf>.

FASAKHODI, A. A.; NOURI, S. H.; AMINI, M. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. **Water resources management**, v. 24, n. 15, p. 4639-4657, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Statistical Yearbook 2013**, World Food and Agriculture. Rome, pp. 289, 2013.

LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL. **Enquadramento dos Corpos de Água e Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente - Diagnóstico e Prognóstico.** Relatório de Etapa A, Vitória, 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Estimativas das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN.** Brasília, 2005.

SINGH, A. Conjunctive use of water resources for sustainable irrigated agriculture. **Journal of hydrology**, v. 519, p. 1688-1697, 2014.

TUCCI, C. E.; HESPAHOL, I.; NETTO, O. de M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, p. 31-43, 2000.

VANLAUWE, B.; COYNE, D.; GOCKOWSKI, J.; HAUSER, S.; HUISING, J.; MASSO, C.; NZIGUHEBA, G.; SCHUT, M.; VAN ASTEN, P. Sustainable intensification and African smallholder farmer. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 8, 2014

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. SCANLON, Bridget R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.