

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PELO SETOR AGROPECUÁRIO E SUA INFLUÊNCIA NO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS - ES

Rafael Rezende Novais ¹; Marcus Vinícius Oliveira Sartório ²; Lorena Gregório Puppini ³;

Jéssica Broseghini Loss ⁴ & Felipe Dutra Brandão ⁵

RESUMO – Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do consumo de água pelo setor agropecuário no balanço hídrico da porção capixaba da bacia hidrográfica do rio São Mateus. A estimativa da demanda para irrigação baseou-se no cálculo da lâmina bruta de irrigação anual para cada cultivo, já a demanda para dessedentação animal foi realizada a partir do coeficiente de consumo *per capita*. Dois índices foram utilizados para avaliar o comprometimento hídrico da bacia, o *Water Explotation Index* e a relação entre a vazão de consumo e a Q_{90} . Os resultados indicam que o setor agropecuário exerce elevada pressão sobre os recursos hídricos na região, tendo como consequência a possibilidade de um cenário de limitação dos usos múltiplos, além da potencialização dos conflitos relacionados aos usos da água.

ABSTRACT – *This paper aims to evaluate the influence of the water consumption by agriculture and cattle raising in the water balance of São Mateus river basin. Irrigation demand was obtained by the annual irrigation depth for each crop. On the other hand the cattle raising demand was obtained by per capita consumption coeficiente. Two index was calculated to evaluate the water balance, the Water Explotation Index and the reltion between consumption flow and Q_{90} . The results indicates that agricultural and cattle raising activities have been pushing the water resources in the region. The consequences are the possibility of a limited multiple uses scenario as well as the potential of water uses conflicts.*

Palavras-Chave – Crise hídrica; gestão de recursos hídricos; plano de recursos hídricos

1) Agência Estadual de Recursos Hídricos – ES; E-mail: rafael.rezende.novais@gmail.com

2) Instituto Jones dos Santos Neves – ES; E-mail: marcus.sartorio@gmail.com

3) Agência Estadual de Recursos Hídricos – ES; E-mail: lorenapuppini@hotmail.com

4) Instituto Jones dos Santos Neves – ES; E-mail: jessicaloss54@gmail.com

5) Agência Estadual de Recursos Hídricos – ES; E-mail: felipe.agerh@gmail.com

INTRODUÇÃO

O processo de planejamento dos recursos hídricos passa pela avaliação da disponibilidade hídrica e das demandas existentes, identificando conflitos potenciais pelo uso da água na bacia. No Brasil, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997) estabelece que essas atividades sejam parte integrante do conteúdo mínimo de um Plano de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

De acordo com Ashoori et al. (2017), a adoção de metodologias preditivas para estimativa de água pode ajudar na identificação de fatores que devem ser observados para atender as metas futuras, especialmente em regiões afetadas por estiagens frequentes.

Também a avaliação da disponibilidade e das demandas em uma bacia é parte fundamental no processo de tomadas de decisões dos gestores (IPEA, 2017), sobretudo em bacias onde o setor agropecuário é dominante como uso consuntivo, como é o caso da bacia hidrográfica do rio São Mateus. Nota-se, nesse contexto, a importância da existência de informações hidrológicas consistentes para a avaliação da disponibilidade (SHARVELLE et al., 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da demanda hídrica do setor agropecuário no balanço hídrico da porção capixaba da bacia hidrográfica do rio São Mateus.

Este estudo é um dos resultados que serviram como suporte para a elaboração do “Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Itabapoana (parte capixaba), Itapemirim, Itaúnas, Novo e São Mateus (parte capixaba) como subsídio fundamental ao Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos”, projeto conduzido pela Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) e pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), em parceria com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio São Mateus tem suas nascentes em Minas Gerais e sua foz está localizada no litoral norte do Espírito Santo, próxima à divisa com a Bahia. Sua porção capixaba conta com uma área de drenagem de aproximadamente 8.237 km².

A bacia está inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), como parte integrante do semiárido brasileiro (BRASIL, 1999), caracterizando-se como uma área que passa por uma distribuição irregular de chuvas e longos períodos de estiagem.

Estimativa da demanda hídrica para irrigação

A determinação da vazão de consumo para irrigação na bacia hidrográfica do rio São Mateus foi realizada a partir da estimativa da lâmina bruta de irrigação (L_i). Esse parâmetro é o resultado da diferença entre a evapotranspiração real e a precipitação efetiva, que representa a fração da precipitação utilizada pela cultura para atender sua demanda hídrica.

Como dados de entrada para a estimativa da demanda hídrica para irrigação foram utilizados o levantamento da área irrigada para cada cultura, a evapotranspiração de referência (ET_0) média mensal e a precipitação média mensal. Além disso, também foi necessário a aquisição dos valores de coeficiente de cultura (K_c), coeficiente de umidade do solo (K_s) e o valor do coeficiente de aplicação (E_a), que indica o percentual da água irrigada que é aproveitada pela cultura.

Foram assumidas algumas condições para esse cálculo, dentre elas: a distribuição da área plantada no município é proporcional à distribuição das áreas municipais por unidades de planejamento; para todos os cultivos assumiu-se captação de água de oito (08) horas por dia, durante todo o ano; e valores de coeficiente de aplicação (E_a) de 0,71 para aspersão convencional e 0,79 para irrigação localizada.

O fluxograma da Figura 2 esquematiza a metodologia utilizada na estimativa da demanda de água para irrigação por unidade de planejamento, além das fontes utilizadas para os dados adquiridos.

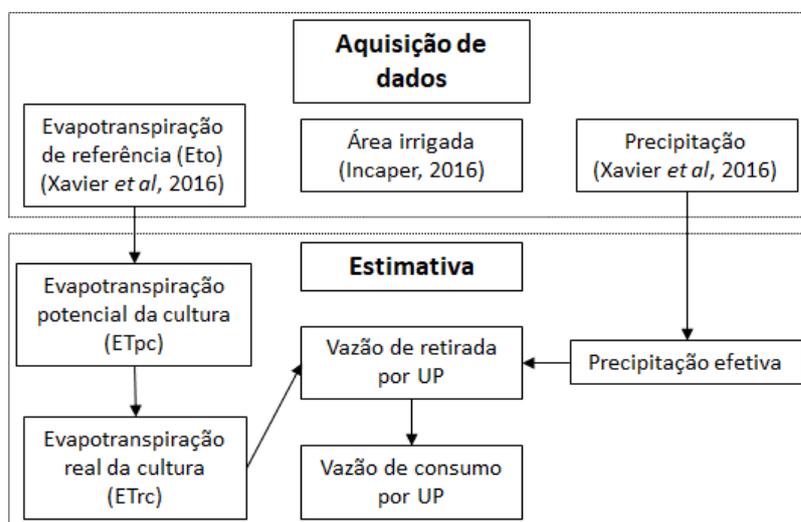


Figura 2 – Fluxograma da metodologia utilizada para a estimativa da demanda de água para irrigação por UP.

A evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) foi estimada através do produto entre a evapotranspiração de referência (ET_0) e o coeficiente de cultura (K_c). Os valores de coeficiente de cultura utilizados constam na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficiente Kc para as culturas identificadas na bacia hidrográfica do rio São Mateus

Cultivo	Kc	Cultivo	Kc
Banana	1,15	Salsa	1,0
Borracha	1,0	Cana-de-açúcar	1,25
Manga	0,8	Feijão	1,1
Café	0,95	Melancia	1,0
Coco	1,0	Milho	1,2
Uva	0,8	Abobora	1,0
Mamão	0,87	Alface	1,0
Maracujá	0,77	Inhame	0,98
Pimenta do reino	1,0	Brócolis	1,05
Citros	0,7	Nozes	1,1
Abacaxi	0,4	Coentro	0,88
Tomate	1,15	Cebolinha	1,0
Couve	1,05	-	-

Fonte: Adaptado de ALLEN *et al.* (1998) (FAO *Irrigation and Drainage Paper*, 56) visto em ONS (2005).

Por sua vez, a conversão da ET_{pc} em evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}) foi realizada a partir do produto entre a ET_{pc} e o coeficiente de umidade do solo (K_s). Os coeficientes de umidade do solo foram adotados de acordo com ONS (2005), sendo 0,81 para a irrigação por aspersão convencional e 0,88 para a irrigação localizada.

A precipitação efetiva foi calculada por metodologia apresentada em Doorenbos e Pruitt (1992). Segundo os autores citados, os valores mensais de precipitação efetiva são estimados a partir da ET_{pc} e da precipitação mensal. Para isso, foi realizada interpolação linear através do *software* Excel, e assim, para cada cultivo agrícola foi estabelecido um valor de precipitação efetiva por mês.

De posse desses valores, a lâmina bruta mensal requerida para cada cultura foi estimada por meio da(1).

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

Onde, L_i é a lâmina bruta mensal requerida pela cultura (mm.mês^{-1}); ET_{rc} é a evapotranspiração mensal real da cultura (mm.mês^{-1}); P_{ef} é a precipitação efetiva (mm.mês^{-1}); e E_a é a eficiência da aplicação (adimensional).

É importante ressaltar que a ocorrência de valores negativos para esse parâmetro indica a não necessidade de irrigação no específico mês, uma vez que a precipitação é capaz de suprir a demanda hídrica da cultura.

A partir dos valores de lâmina bruta e área irrigada por cultura, obteve-se a as vazões mensais de retirada, segundo a (2):

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

Onde, $Q_{m,i}$ é a vazão de retirada mensal para irrigação ($m^3.mês^{-1}$); e A_{mi} é a área irrigada mensal da cultura (ha).

Por fim, esses valores foram convertidos em $l.s^{-1}$ e considerou-se que a vazão de retirada para irrigação de uma dada cultura corresponde à média dos valores de $Q_{m,i}$.

Já para a determinação do indicador de comprometimento hídrico em termos de Q_{90} há também a necessidade da estimativa da vazão de consumo, ou seja, a parcela da vazão de retirada que não retorna aos corpos hídricos. A vazão de consumo foi estimada de forma indireta, a partir da vazão de retorno. Para seu cálculo assumiu-se sua proporcionalidade à soma das perdas de água por percolação e por escoamento superficial e também à magnitude da vazão de retirada. Os valores das vazões de retorno associadas a cada tipo de cultivo foram estimados por meio da seguinte equação 3:

$$Q_{i,r} = Q \cdot (P_p + P_{esc}) \quad (3)$$

Onde, $Q_{i,r}$ é a vazão de retorno (r) do cultivo (i), ($l.s^{-1}$); Q é a vazão de retirada ($l.s^{-1}$); 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 sugerida por ONS (2005):

$$P_p + P_{esc} = 1 - (P_{ev} + E_a) \quad (4)$$

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

As perdas de água por evaporação nos sistemas de aspersão foram assumidas em 10,9%, de acordo com (ANA, 2002). Para os sistemas de irrigação localizada, as perdas foram consideradas desprezíveis. Por fim, a vazão de consumo é dada pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno, conforme a (5):

$$Q_{i,c} = Q - Q_{i,r} \quad (5)$$

Onde, $Q_{i,c}$ é a vazão de consumo em $l.s^{-1}$.

Estimativa da demanda para dessedentação animal

Para a estimativa da demanda para dessedentação animal foi adotado um regime de captação de 12 horas diárias. Dessa forma, a estimativa da vazão de retirada para a criação animal corresponde ao produto entre o número de cabeças do rebanho presente na UP e o seu respectivo coeficiente *per capita* animal, conforme a seguinte (6):

$$Q_a = 2,315 \cdot 10^{-5} \cdot \sum [(Rebanho (espécie)) \cdot q(espécie)] \quad (6)$$

Onde, Q_a é a vazão retirada para dessedentação animal; $Rebanho (espécie)$ é o número de cabeças de determinada espécie em cada unidade de planejamento; e $q (espécie)$ é a vazão per capita.

O número de cabeças por rebanho em cada unidade de planejamento foi estimado pelo produto entre o efetivo pecuário dos municípios compreendidos na bacia hidrográfica do rio São Mateus, obtidos do IBGE Cidades 2015, e o percentual de área municipal inserida em cada uma das UPs. Dessa maneira, o resultado da soma dos produtos entre o total de cabeças de cada rebanho presente em cada UP e o coeficiente per capita animal corresponde à estimativa da vazão de retirada na bacia hidrográfica do rio São Mateus.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes *per capita* animal sugeridos por Telles (2002) e utilizados para a estimativa da vazão de retirada para dessedentação animal.

Tabela 2 - Coeficiente *per capita* por rebanho animal

Rebanho	Coeficiente de retirada <i>per capita</i> (L.dia ⁻¹)
Bovino	50,0
Bubalino	50,0
Equino	50,0
Suíno	12,5
Ovino	10,0
Caprino	10,0
Aves	0,36

Fonte: Telles (2002).

Conforme a estimativa da demanda para irrigação, a vazão de consumo para dessedentação animal foi determinada de forma indireta, por meio da vazão de retorno. Com isso, conforme adotado por ONS (2005), assumiu-se coeficiente de retorno de 20% e chegou-se à vazão de consumo pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

Índices para o balanço hídrico

Para a análise do comprometimento hídrico e do impacto causado pela atividade agropecuária no balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio São Mateus foram utilizados dois indicadores, o Índice de Retirada de Água ou *Water Exploitation Index* (WEI) e o Comprometimento hídrico em termos de Q_{90} .

O WEI corresponde à razão entre a vazão de retirada total dos usos consuntivos e a vazão média de longo termo (Q_{MLT}) (ANA, 2007). Por sua vez, o comprometimento hídrico em termos de Q_{90} corresponde à razão entre a vazão de consumo total e a vazão mínima com 90% de permanência no tempo (Q_{90}). Optou-se por utilizar a Q_{90} como base de comparação uma vez que a AGERH a adota como vazão de referência, além de definir que o somatório das vazões outorgadas não deve ser superior a 50% da Q_{90} .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da demanda hídrica agropecuária, são apresentados na Tabela 3. Percebe-se que as maiores demandas estão concentradas na porção média da bacia, representada pelas UPs Baixo Cotaxé e Baixo Cricaré, que juntas representam metade (50%) da vazão para fins agropecuários. Com características semelhantes, em termos de demanda hídrica, às duas UPs supracitadas, a UP Alto Cricaré corresponde a 24% de toda a demanda por água para irrigação e dessedentação animal na bacia.

Em contrapartida, as UPs concentradas na região litorânea, Rio Santana e Rio São Mateus, apresentam percentuais consideravelmente menores, e juntamente com a UP Alto Cotaxé correspondem respectivamente a 7%, 8% e 2% da demanda hídrica na bacia hidrográfica do rio São Mateus.

É objeto de destaque a relevância da agricultura irrigada para o dinamismo econômico no norte capixaba, principalmente no que se refere ao cultivo de café. De forma complementar, ANA (2016) aponta que essa região concentra uma das maiores áreas irrigadas do estado, o que reforça a elevada pressão dos usuários de água para fins agrícolas sobre os recursos hídricos na região.

Tabela 3 – Vazões de consumo e retirada para fins agropecuários na bacia hidrográfica do rio São Mateus

UP	Dessedentação animal (m ³ .s ⁻¹)		Irrigação (m ³ .s ⁻¹)		Total (m ³ .s ⁻¹)		Porcentagem por UP (%)
	Q _{consumo}	Q _{retirada}	Q _{consumo}	Q _{retirada}	Q _{consumo}	Q _{retirada}	
Alto Cotaxé	0,221	0,276	0,152	0,192	0,373	0,468	2
Médio Cotaxé	0,092	0,115	1,607	2,033	1,699	2,148	10
Baixo Cotaxé	0,074	0,093	4,241	5,366	4,315	5,459	25
Alto Cricaré	0,059	0,073	4,026	5,094	4,085	5,168	24
Baixo Cricaré	0,074	0,092	4,174	5,281	4,248	5,373	25
Rio Santana	0,045	0,056	1,207	1,526	1,252	1,582	7
Rio São Mateus	0,077	0,096	1,266	1,600	1,343	1,697	8
Total	0,642	0,802	16,673	21,093	17,315	21,896	-

Os valores de disponibilidades hídrica e o índice de comprometimento hídrico por UP são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 4 – Valor dos índices de balanço hídrico por UP na bacia hidrográfica do rio São Mateus.

UP	Área UP (km ²)	Área acumulada (Km ²)	Precipitação (mm.ano ⁻¹)	Q _{MLT} (m ³ .s ⁻¹)	Q ₉₀ (m ³ .s ⁻¹)	WEI (%)	Q _{consumo} /Q ₉₀ (%)
Alto Cotaxé	2.246,7	6.042,5	1.133	45,7	8,7	1,0	4,3

Médio Cotaxé	811,2	6.853,7	1.111	49,3	9,4	4,4	18,1
Baixo Cotaxé	597,7	7.451,4	1.059	49,6	9,5	11,0	45,8
Alto Cricaré	1.964,1	3.812,4	1.115	31,2	5,9	16,6	68,9
Baixo Cricaré	735,8	4.548,1	1.059	33,7	6,4	16,0	66,4
Rio Santana	526,1	13.881,2	1.135	88,1	16,7	1,8	7,5
Rio São Mateus	1.355,6	13.355,1	1.135	85,5	16,2	2,0	8,3

Quanto aos resultados do índice de retirada de água, é possível perceber que nas UPs Alto Cotaxé, Médio Cotaxé, Rio Santana e Rio São Mateus a situação é excelente. Entretanto, ao observar o índice para as UPs Alto Cricaré e Baixo Cricaré a situação torna-se preocupante, com o WEI chegando a valores de 16,6% e 16,0%, respectivamente. Com isso, passa a ser necessário não somente atividades de gerenciamento como também a realização de investimentos em medidas estruturais na região (ANA, 2007).

Ao se analisar o comprometimento hídrico em termos de Q_{90} , os resultados são semelhantes. Se por um lado nas UPs Alto Cotaxé, Médio Cotaxé, Rio Santana e Rio São Mateus a situação é de relativo conforto hídrico, nas UPs Alto Cricaré, Médio Cricaré e Baixo Cotaxé nota-se a possibilidade de conflitos pelo uso da água.

Na UP Baixo Cotaxé o percentual do comprometimento hídrico em função da Q_{90} atinge 45,8%, o que indica a restrição dos usos atuais dos recursos hídricos, haja vista a proximidade da vazão máxima outorgável (50% da Q_{90}) pelo órgão gestor estadual. Adicionalmente, nas UPs Alto Cricaré e Baixo Cricaré os percentuais de vazão de consumo em relação à Q_{90} superam o máximo outorgável, o que demonstra um cenário de potencialização dos conflitos relacionados aos usos dos recursos hídricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que as maiores demandas de água para uso agropecuário estão concentradas na porção média da bacia, sendo as UPs Alto Cricaré, Baixo Cotaxé e Baixo Cricaré as de maior consumo. O WEI nas referidas UPs apresenta-se como preocupante com valores de 16,6%, 11,0% e 16,0% respectivamente. Os índices de comprometimento hídrico em termos de Q_{90} seguem a mesma tendência, porém com um agravante para as UPs Alto Cricaré e Baixo Cricaré, uma vez que nessas UPs a razão da Q_{90} com a Q_{consumo} ultrapassou o máximo percentual outorgável permitido pela AGERH.

Portanto, apesar de possuir importância significativa para a dinâmica econômica da região norte do estado do Espírito Santo, o intenso consumo de água pelo setor agropecuário representa um cenário de risco eminente de comprometimento dos usos atuais e futuros dos recursos hídricos na região,

indicando a necessidade da utilização, principalmente, de métodos mais eficientes para irrigação. Ainda há de ser ressaltado a não contabilização do consumo de água para fins industriais e abastecimento humano nos resultados apresentados, o que tornaria a situação ainda mais crítica no que diz respeito ao comprometimento hídrico regional.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2002). *Projeto São Francisco – Estimativa da eficiência do uso da água pela irrigação na Bacia do São Francisco*. Brasília
- _____. (2007). *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA
- _____. (2016). *Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil*. Brasília, 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). *Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ASHOORI, N.; DZOMBAK, D. A.; SMALL, M. J. (2017). *Identifying water price and population criteria for meeting future urban water demand targets*. Journal of Hydrology, v. 555, p. 547-556.
- BRASIL. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.
- BRASIL. (1999). Lei nº 9.808, de 20 de julho de 1999. *Define diretrizes e incentivos fiscais para o desenvolvimento regional e dá outras providências*.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. (1992). *Crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 24, Rome Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/s8376e/s8376e.pdf>.
- INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - Incaper. (2016). *Relatório técnico – Área colhida por cultura no estado do Espírito Santo*. Vitória – ES.
- INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - IEMA. (2009). *Projeto de Gerenciamento da Poluição Costeira e de Águas do Estado do Espírito Santo - Projeto "Águas Limpas"*. Relatório Final. Elaboração do Cadastro de Usuários de Água e Aperfeiçoamento da Sistemática de Outorga de Uso de Recursos Hídricos de Domínio do Estado do Espírito Santo. Volume Único.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. (2005). *Estimativas das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN*. Brasília: ONS; FAHMA-DZETA; ANA; ANEEL; MME. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/Relatorio%20final%20ONS.pdf>. Acesso em: 28 de Julho de 2017.
- SHARVELLE, S.; DOZIER, A.; ARABI, M.; REICHEL, B. (2017). A geospatially-enabled web tool for urban water demand forecasting and assessment of alternative urban water management strategies. *Environmental Modelling & Software*, v. 97, p. 213-228.
- TELLES, D. A. Água na Agricultura e Pecuária. In. REBOUÇAS, A. C.; BENEDITO, B.; GALIZIA, T. J. (orgs). (2002) *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora. p. 305-336.
- WANG, K.; DAVIES, E. G. R. (2018). Municipal water planning and management with an end-use based simulation model. *Environmental Modelling & Software*, v. 101, p. 204-217.
- XAVIER, A. C; KING, C. W; SCANLON, B. R. (2015). *Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013)*. Int. J. Climatol.