

## **AValiação da Sustentabilidade Hídrica em uma Área de Alto Consumo de Água para Irrigação por Pivô Central**

**MARINALDO LOURES FERREIRA<sup>1</sup>, ANDRÉ MEDEIROS DE ANDRADE<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Doutorando em Produção Vegetal, Instituto de Ciências Agrárias, UFVJM, Unai - MG, marinaldo.loures@ufvjm.edu.br.

<sup>2</sup> Prof. Doutor em Sens. remoto, Instituto de Ciências Agrárias, UFVJM, Unai - MG.

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** O conhecimento da disponibilidade hídrica é crucial para promover o uso sustentável dos recursos e impulsionar o crescimento da agricultura irrigada. Este estudo realiza uma análise hidroclimática da disponibilidade de água em uma região com alta demanda por irrigação via pivô central, com o objetivo de avaliar a relação entre disponibilidade e demanda hídrica para a irrigação. Utilizando produtos de sensoriamento remoto, como séries temporais de evapotranspiração, precipitação e dados de campo, incluindo séries temporais de vazão dos rios, foi possível calcular o balanço hídrico para cada pivô central, tanto individualmente quanto de forma regional integrada. Levando em conta a demanda dos pivôs em paralelo com a cultura do milho segunda safra, observou-se que a utilização da vazão mínima de referência adotada resulta em déficit de irrigação, com 55,4% dos pivôs apresentando um percentual de atendimento da necessidade hídrica abaixo de 90%. Considerando critérios mais restritos, 45,5% dos pivôs estão abaixo de 50%. Os métodos empregados revelaram-se eficazes, fornecendo insights valiosos para a tomada de decisões e sendo essenciais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** recursos hídricos, sensoriamento remoto, gestão hídrica

## **EVALUATION OF WATER SUSTAINABILITY IN AN AREA OF HIGH WATER CONSUMPTION FOR CENTRAL PIVOT IRRIGATION**

**ABSTRACT:** The knowledge of water availability is crucial to promote sustainable use of resources and drive the growth of irrigated agriculture. This study conducts a hydroclimatic analysis of water availability in a region with high demand for irrigation via central pivot, aiming to assess the relationship between water availability and demand for irrigation. By utilizing remote sensing products such as temporal series of evapotranspiration, precipitation, and field data, including temporal series of river flow, it was possible to calculate the water balance for each central pivot, individually and regionally integrated. Considering the demand for pivots alongside the second-crop maize culture, it was observed that using the adopted minimum reference flow results in an irrigation deficit, with 55.4% of pivots showing a percentage of water requirement fulfillment below 90%. Under stricter criteria, 45.5% of pivots are below 50%. The methods employed proved effective, providing valuable insights for decision-making and essential for water resources planning and management.

**KEYWORDS:** water resources, remote sensing, water management

**INTRODUÇÃO:** A agricultura é a atividade que demanda o maior consumo de água, sendo responsável por 72% de todas as captações de águas superficiais e subterrâneas mundiais (FAO, 2021). O aumento do uso da água, requer estratégias ligadas a irrigação e informações precisas sobre a extensão espacial da agricultura (ALTHOFF et al., 2021). Estas informações vão além da gestão dos recursos hídricos, sua importância se reflete na segurança hídrica, alimentar e na avaliação do impacto das mudanças climáticas no setor agrícola (MPANDELI et al., 2019). Tornando, o conhecimento da disponibilidade hídrica essencial para auxiliar no uso racional dos recursos hídricos, contribuindo para tomadas de decisões direcionadas a um planejamento hídrico eficiente e sustentável (LIMA et al., 2019). Diante deste contexto, este trabalho apresenta um estudo de caso de uma região onde há um intenso crescimento da irrigação, o que contribui para o aumento do atrito no uso dos recursos hídricos (ANA, 2021). Portanto, o modelo de análise da disponibilidade e a demanda hídrica destinada a gestão e ao fomento da irrigação, foi aplicado no município de Unai, estado de Minas Gerais, Brasil, que possui a segunda maior área com irrigação via pivô central do país (Figura 1) (MAPBIOMAS, 2023).

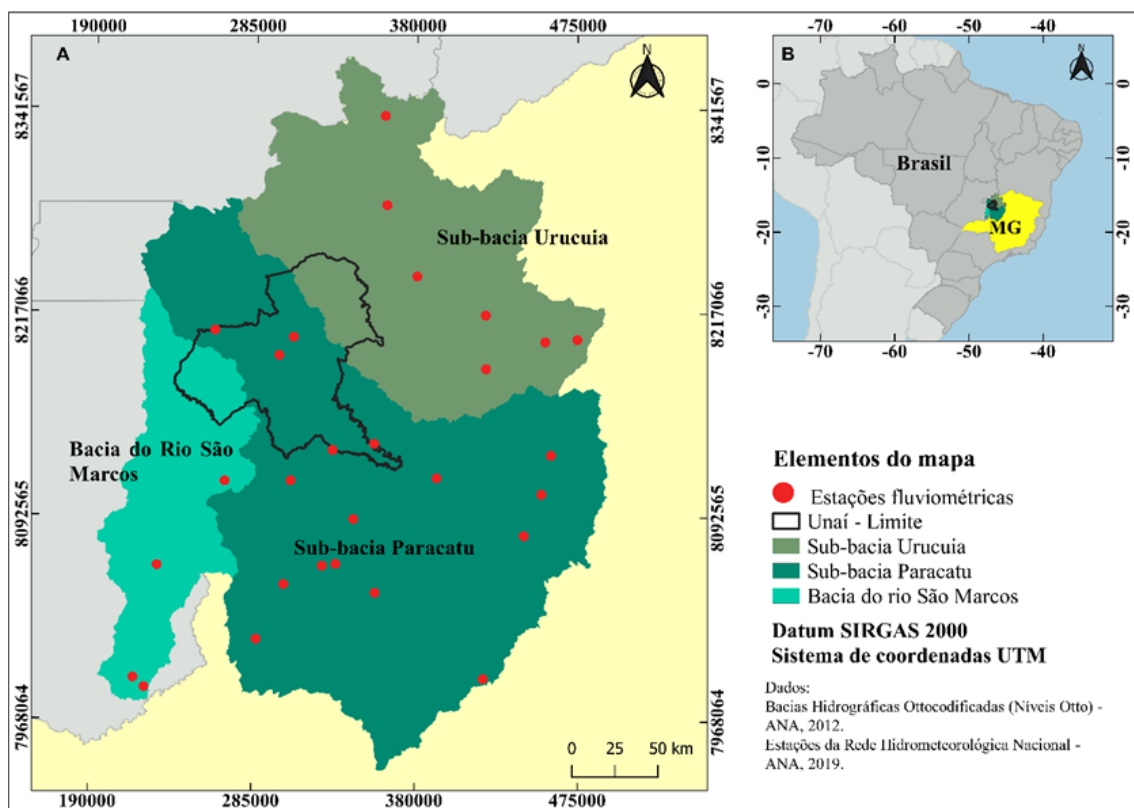


FIGURA 1. Mapa de localização. A) Localização das regiões hidrográficas. B) Localização de Minas Gerais.

A área de estudo, abrangendo 8.448,08 km<sup>2</sup>, está inserida em três áreas hidrográficas: a bacia do rio São Marcos, a sub-bacia Paracatu e a sub-bacia Urucuia (Figura 1). O conhecimento da vazão hídrica dessas áreas é crucial para avaliar a disponibilidade hídrica dentro do limite da área de interesse. Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho é fornecer estimativas de absorção de água para irrigação utilizando produtos de sensoriamento remoto.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A demanda hídrica para a irrigação foi estimada com base na área irrigada por pivô central (dados do MapBiomias em ha) e na lâmina média de aplicação (1 s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>), sendo a demanda à multiplicação entre estas duas variáveis. O desenvolvimento da vazão de retirada de água pela irrigação pode ser expressa pela equação 1:

(1)

$$Q_i = \sum_{m=1}^n A_i \left[ \frac{(ET_o \cdot Kc_m) - P_i}{E_a} \right] \cdot 10$$

Onde,  $Q_i$  é a vazão de retirada para irrigação mensal,  $A_i$  é a área irrigada total,  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência mensal,  $Kc_m$  é a estimativa do coeficiente de cultura,  $P_i$  é a precipitação média mensal e  $E_a$  é a eficiência mínima do sistema de irrigação. A partir do volume da necessidade hídrica da cultura, pode-se determinar o consumo médio mensal por hectare ( $L s^{-1} ha^{-1}$ ) pela equação 2:

(2)

$$C_m = A \cdot \left[ \frac{V(m^3 m\acute{e}s^{-1}) \cdot 1000(L m^3)}{N \cdot 86400} \right]$$

Onde,  $V$  é o volume mensal,  $N$  é o número de dias mensal e  $A$  é a área irrigada. Os dados de evapotranspiração de referência foram obtidos do sensor MOD16A2 e de precipitação efetiva do *Clima Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS), processados na interface do *Google Earth Engine*. A vazão de retirada de água para irrigação foi calculada considerando uma situação hipotética em que todos os pivôs centrais estariam cultivando milho simultaneamente. Adotou-se um período de irrigação de 100 dias para a cultura (de 25 de março a 3 de julho), levando em conta o possível ciclo agrícola precedente. A regionalização das vazões foi realizada com base nos dados das estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) utilizando o software Sistema Computacional para Regionalização de Vazões (SisCoRV). O método empregado para essa regionalização neste estudo foi o tradicional, que não se fundamenta nas variáveis físicas e climáticas da bacia hidrográfica (SOUSA et al., 2009). Tal método é preferido devido à facilidade de aplicação das equações de regressão e à sua ampla abrangência em comparação com outros métodos (BAZZO et al., 2017). Nesse estudo, foi aplicada a vazão de referência  $Q_{95}$ . A escolha dessa vazão de referência foi motivada pela abrangência dos rios pertencentes à união e pelas três sub-bacias, que incluem não apenas o estado de Minas Gerais, mas também o estado de Goiás. Este último também adota a vazão de referência  $Q_{95}$ . Posteriormente, o balanço hídrico foi calculado inserindo as vazões regionalizadas na rede hidrográfica e avaliando a capacidade de atendimento dos pivôs instalados. A demanda dos pivôs foi analisada em relação à disponibilidade hídrica dos cursos d'água, determinando a porcentagem de atendimento das necessidades de irrigação.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O consumo médio por hectare irrigado via pivô central com a cultura do milho apresentou uma média que corresponde a  $4,47 \text{ mm dia}^{-1}$ , o que resulta em uma demanda específica de  $0,52 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  (Tabela 1).

TABELA 1. Demanda hídrica referente a cultura do milho segunda safra para um período de 100 dias de irrigação (25 de março a 03 de julho).

Unidade	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Média
$\text{mm dia}^{-1}$	0,61	3,38	6,67	7,51	4,18	4,47
$\text{L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$	0,07	0,39	0,77	0,87	0,48	0,52

A cultura do milho demanda um consumo hídrico variando de 350 mm a 600 mm durante todo seu ciclo, sendo dependente das condições climáticas local onde a cultura é cultivada e da

frequência das irrigações (EMBRAPA, 2011). Na simulação para a área de estudo, o milho safrinha necessita de uma demanda hídrica de 549,67 mm em todo seu ciclo. Portanto, o consumo de cada pivô central foi calculado multiplicando-se a área em hectare irrigada pelo consumo médio de  $0,52 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ . Consequentemente, estima-se que o consumo médio instantâneo de todos os pivôs instalados em Unai no mês de junho, equivale a  $35,81 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $0,52 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1} \times 68.872 \text{ ha}$ ). Após a regionalização das vazões pelo modelo de regressão com melhor ajuste para cada sub-bacia em estudo, elas foram inseridas na base hidrográfica otocodificada e regionalizada para cada trecho de drenagem (Figura 2), que posterior, foi seccionada pelo limite do município de Unai.

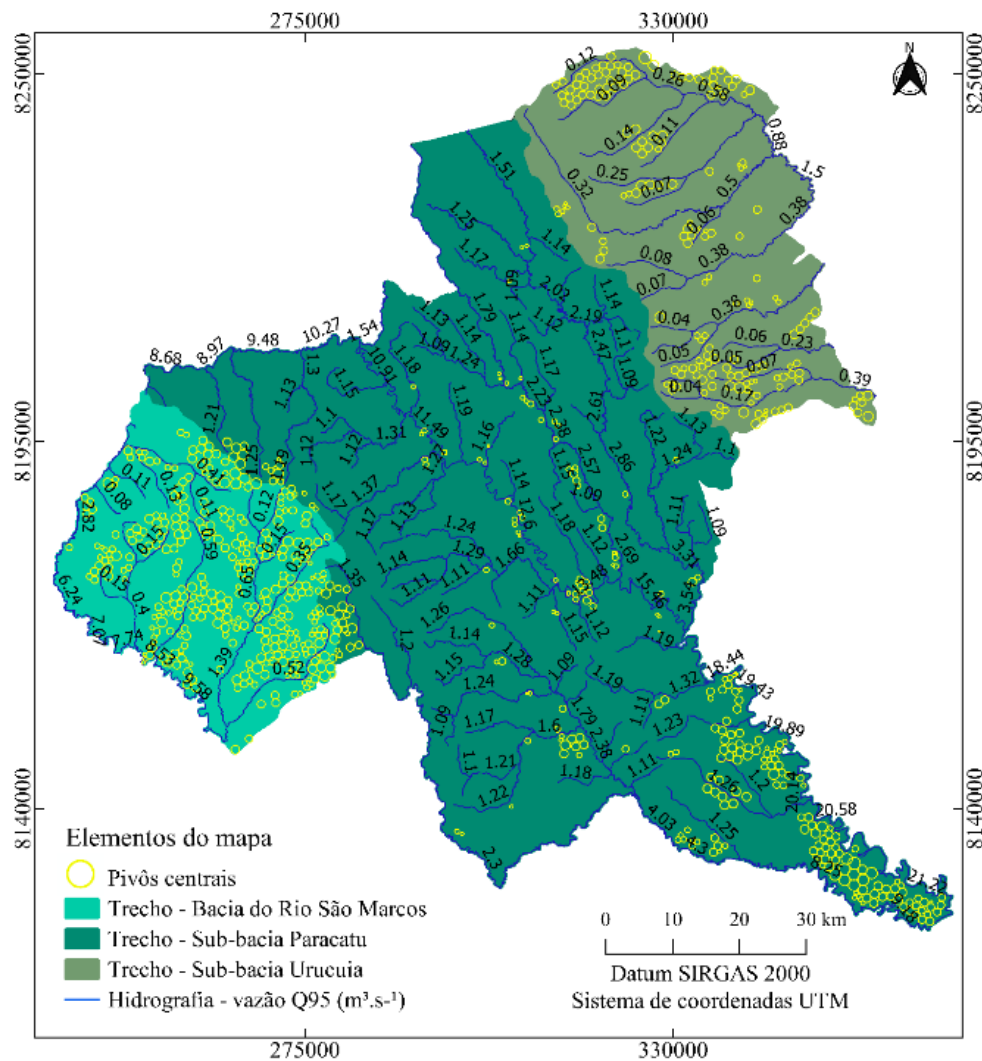


FIGURA 2. Regionalização das vazões  $Q_{95}$  para cada trecho de drenagem.

Observa-se que as vazões mais favoráveis se concentram no trecho da sub-bacia Paracatu, sendo a menor vazão, correspondente a  $1,07 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ao contrário do trecho da sub-bacia Urucuia, cuja menor vazão é de  $0,03 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , assim como, a bacia do rio São Marcos, sendo a menor vazão é  $0,08 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Verifica-se que a utilização de vazão mínima de referência adotada gera um déficit na irrigação (Figura 3), mostrando que 55,4% dos pivôs têm percentual de atendimento da necessidade hídrica abaixo de 90%, e avaliando de forma restritiva, 45,5% estão abaixo de 50%.

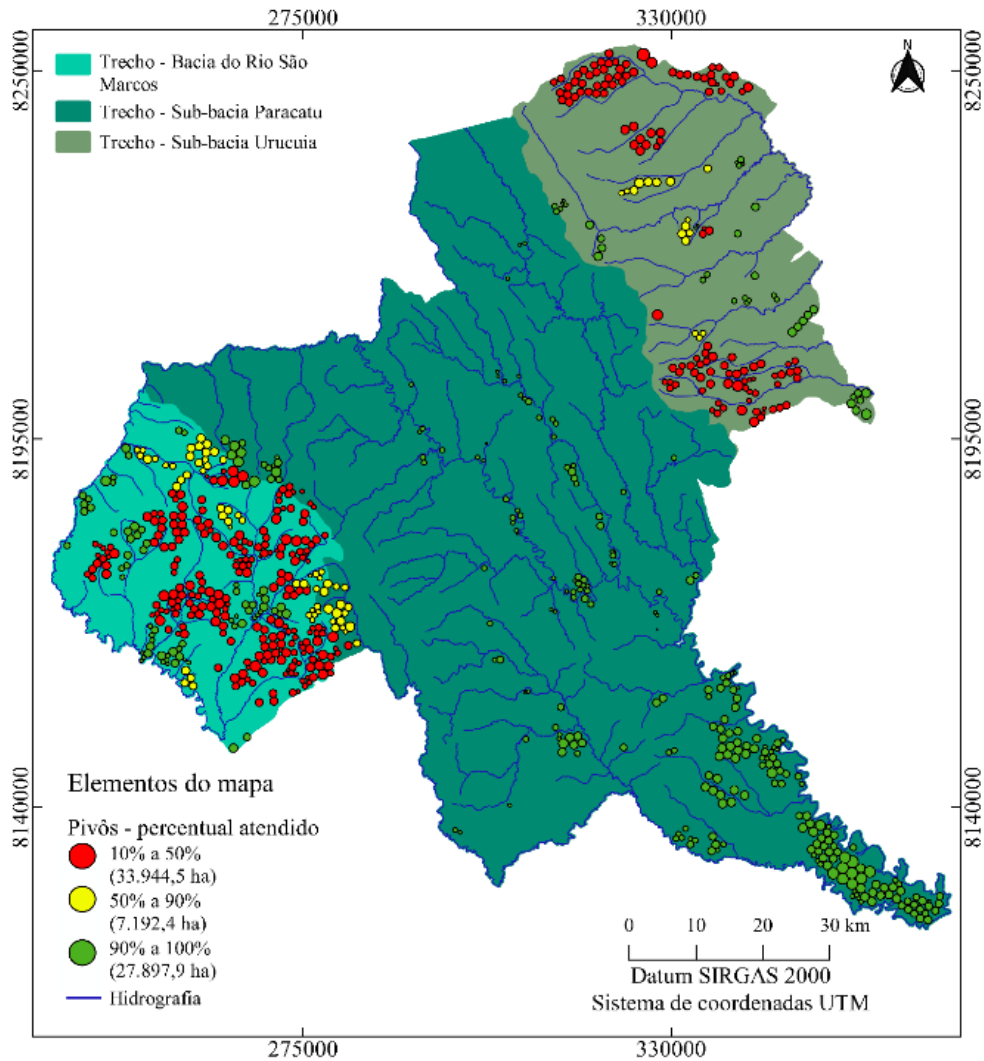


FIGURA 3. Balanço hídrico utilizando a disponibilidade hídrica  $Q_{95}$  e a demanda dos pivôs centrais, considerando a cultura do milho na safra de inverno.

Observa-se, que o trecho da sub-bacia Paracatu, se mostra como a área com melhor potencial a implantação do sistema de irrigação em estudo, pois apresenta melhores vazões em seus cursos d'água (Figura 2), ademais, possui uma menor concentração de pivôs instalados em relação a sua área total (Figura 3). Portanto, diante deste cenário hipotético, com todos os pivôs concomitante com a cultura do milho safra de inverno, obteve-se 40% da área irrigada com a demanda hídrica atendida (Figura 3). Salienta-se que na realidade, a irrigação ocorre em uma miscelânea de culturas com necessidades hídricas inferiores às do milho, ou seja, uma situação mais favorável do que o estudo avalia. No município irriga-se: soja, feijão, milho, café, dentre outras culturas (ANA, 2021). Ademais, é comum os irrigantes deixarem alguns pivôs sem atividades nesta época do ano. Com o desenvolvimento econômico e social e o crescimento populacional, o problema da escassez de recursos hídricos está se tornando cada vez mais proeminente (CAO et al., 2021). A distribuição espacial e temporal desequilibrada dos recursos hídricos na Sub bacia Uruçuia e na Bacia São Marcos (Figura 2), demonstra uma situação mais crítica na área de estudo, os irrigantes já trabalham sob estresse hídrico. Segundo a ANA (2021), as disputas pelo uso da água na estação seca e, em especial, em anos de estiagem prolongada na região onde a área de estudo está inserida, já causam conflitos entre produtores rurais e comunidades ribeirinhas. Registros mostram que estes conflitos acontecem há mais de 20 anos (IGAM, 2020).

**CONCLUSÕES:** Com base na análise dos dados de evapotranspiração, precipitação, demanda hídrica para a cultura do milho segunda safra e vazões de rios na área de estudo, pode-se concluir que a gestão dos recursos hídricos nessa região enfrenta desafios significativos e potencialmente críticos. Os resultados destacam a eficácia dos produtos de sensoriamento remoto como uma ferramenta crucial para a caracterização do cenário de irrigação em uma região específica. Sua capacidade de detectar situações críticas de estresse hídrico em pequenas sub-bacias ajuda a enfrentar o desafio da escassez de água, enquanto promove o desenvolvimento da agricultura.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal - PPGPV e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM.

### **REFERÊNCIAS:**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2021.

ALTHOFF, D.; RODRIGUES, L.; DA SILVA, D. D. Assessment of water availability vulnerability in the Cerrado. **Applied Water Science**, v.11, p.176, 2021.

BAZZO, K. R. GUEDES, H. A. S. CASTRO, A. S. SIQUEIRA, T. M. & TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A. Regionalização da vazão Q<sub>95</sub>: comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Ambiente e Água**, 2017, v. 12, n. 5, p. 855.

CAO, M. et al. Multiple sources of uncertainties in satellite retrieval of terrestrial actual evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 601, p. 126642, 1 out. 2021.

EMBRAPA. **Milho : o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Systems at breaking point**. Rome: FAO, 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Áreas de Conflito Declaradas em Minas Gerais - 2020**. <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br>. Accessed 20 June 2023.

LIMA, E. P.; ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; BOF, L. H. N. Temporal-spatial Control of the difference between Precipitation and Evapotranspiration in Paracatu Sub-basins. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v.6, n. 6, p.617-622, 2019.

MAPBIOMAS BRASIL. **MapBiomass Web**. <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Accessed: 20 may 2023.

SOUSA, H. T. DE et al. **SisCAH 1.0: Sistema computacional para análises hidrológicas**. Viçosa, MG: ANA, 2009.