



Inovações em pesquisas agrárias e ambientais

Volume VII

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira
Organizadores

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira
Organizadores

**Inovações em pesquisas agrárias e
ambientais**
Volume VII



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

158

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume VII / Organização de Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Bruno Rodrigues de Oliveira. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025.
124p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-60-0

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756600>

1. Ciências agrárias. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Oliveira, Bruno Rodrigues de (Organizador). IV. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Ciências agrárias



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

O e-book “Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais – Volume VI” reúne uma coletânea de trabalhos científicos que refletem os avanços e desafios contemporâneos no campo das ciências agrárias e ambientais, abordando aspectos relacionados à conservação de recursos naturais, manejo de ecossistemas, melhoramento genético, fisiologia vegetal e práticas de produção sustentável.

Os estudos aqui compilados abrangem uma diversidade temática que evidencia a complexidade dos sistemas biológicos e produtivos, e demonstram a aplicação de metodologias rigorosas na investigação de questões relevantes à ciência aplicada. Esta publicação resulta do esforço coletivo de diversos pesquisadores, docentes e discentes, cuja atuação nas diferentes linhas de pesquisa confere a este volume um caráter interdisciplinar e de alta relevância científica. O conjunto dos trabalhos apresentados não apenas avança o conhecimento técnico-científico, mas também propicia subsídios aplicáveis ao desenvolvimento de práticas produtivas sustentáveis, à conservação ambiental e ao aprimoramento dos processos de ensino, pesquisa e extensão universitária.

Desejamos aos leitores que este material contribua para o aprofundamento do conhecimento e para o estímulo de novas investigações no âmbito das ciências agrárias e ambientais.

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1.....	6
Desempenho de modelos hidrológicos semi-distribuídos no Rio Verde, Minas Gerais	6
Capítulo 2.....	20
Frutos de <i>Muntingia calabura</i> e <i>Psidium guajava</i> na alimentação de macacos-prego no Parque Zoobotânico Leopoldo Linhares Fernandes, Alta Floresta – MT	20
Capítulo 3.....	28
Produção de mudas de <i>Parkia multijuga</i> (Leguminosae) para restauração ecológica do Parque Zoobotânico Leopoldo Linhares Fernandes, Alta Floresta, Mato Grosso.....	28
Capítulo 4.....	36
Avaliação da capacidade germinativa de genótipos de soja submetidos a níveis de salinidade.....	36
Capítulo 5.....	47
Desempenho de Genótipos de Sorgo Forrageiro quanto à Porcentagem de Massa Seca em Condições de Irrigação e Sequeiro.....	47
Capítulo 6.....	55
Sementes de jurema preta submetidas à diferentes métodos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação.....	55
Capítulo 7.....	62
Estabilidade de Genes Endógenos para Análises Moleculares em <i>Eucalyptus</i> sob Condições de Estresse	62
Capítulo 8.....	77
Distúrbios Fisiológicos em <i>Eucalyptus</i> : Genes-Chave para Tolerância Nutricional e Hídrica	77
Capítulo 9.....	95
Desempenho de mudas de eucalipto sob influência competitiva de gramíneas forrageiras	95
Capítulo 10	109
Comportamento inicial do eucalipto em plantio consorciado com leguminosas para cobertura do solo	109
Índice Remissivo	123
Sobre os organizadores.....	124

Desempenho de modelos hidrológicos semi-distribuídos no Rio Verde, Minas Gerais

Recebido em: 31/02/2025

Aceito em: 28/04/2025

 10.46420/9786585756600cap1

Conceição de Maria Marques de Oliveira 

Livia Alves Alvarenga 

INTRODUÇÃO

Os modelos hidrológicos têm sido ferramentas eficientes utilizadas para melhorar a compreensão dos processos hidrológicos das bacias hidrográficas (Pacheco, 2015). Esses modelos podem ser utilizados em diferentes aplicações, tais como na previsão de vazão, avaliação da disponibilidade hídrica e nos estudos dos impactos das mudanças climáticas ou de uso da terra (Carvalho et al., 2022).

O uso de modelos hidrológicos conceituais distribuídos e semi-distribuídos baseia-se no argumento de que esses tipos de modelos representam melhor os processos físicos dentro de uma bacia hidrográfica, considerando a variabilidade espacial dos parâmetros físicos e meteorológicos (Alvarenga et al., 2020). A escolha do modelo hidrológico deve ser feita com base na aplicação desejada, uma vez que, cada modelo hidrológico apresenta suas suposições, limites e potencialidades. Assim, deve ser considerada a disponibilidade de dados na área, o número de parâmetros necessários e o nível de descrição dos processos hidrológicos.

Os modelos *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) (Neitsch, Arnold, Kiniry; Williams, 2011) e o *Variable Infiltration Capacity* (VIC) (Liang; Xie, 2001) são modelos semi-distribuídos e já foram utilizados na simulação hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais (Carvalho et al., 2022; Alvarenga et al., 2020). Estes modelos apresentaram resultados satisfatórios na avaliação de desempenho no passo de tempo mensal, no qual os resultados sugerem que pesquisas podem ser realizadas para avaliar os impactos de mudanças climáticas e de cobertura do solo (Alvarenga et al., 2020).

O modelo *Lavras Simulation of Hydrology* (LASH) foi testado nas bacias hidrográficas dos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Amazonas e Tocantins, representando diferentes biomas, escalas e condições edafoclimáticas. Também foi avaliado em pesquisas na cabeceira da bacia do Rio Grande por Beskow, Mello e Norton (2011). Embora diferentes aplicações com o LASH possam ser destacadas, a pesquisa utilizando o modelo para uma comparação de desempenho de diferentes modelos hidrológicos (LASH, VIC e MHD), no passo de tempo diário é inédita.

Além dos modelos hidrológicos citados (SWAT, VIC e LASH), o Modelo Hidrológico Distribuído (MHD-INPE) também pode ser utilizado na previsão de vazões. O MHD-INPE (Rodriguez; Tomasella, 2016) é um modelo distribuído desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

(INPE), que consiste numa adaptação do Modelo de Grandes Bacias (MGB-IPH) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH).

Apesar das diferentes aplicações com o MHD-INPE a análise de desempenho na bacia hidrográfica do Rio Verde é uma novidade nesse estudo. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho de três modelos hidrológicos (LASH, VIC e MHD) em passo de tempo diário na bacia hidrográfica do Rio Verde.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Verde (BHRV) está situada no sul do estado de Minas Gerais, sendo uma importante região para conservação da biodiversidade. A região da Serra da Mantiqueira detém várias regiões de cabeceiras que formam rios importantes para o abastecimento de água, irrigação e geração de energia elétrica a partir de fontes hidroenergéticas. A BHRV possui uma área de drenagem de aproximadamente 4100 km², com uma altitude que varia entre 809 m e 2.742 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima nesta região é predominantemente Cwb e a temperatura média anual é de 18 °C.

Os dados meteorológicos utilizados nesse estudo foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (<https://bdmep.inmet.gov.br/INMET>), sendo utilizadas três estações convencionais: a estação de São Lourenço (SL; 22° 07'48" S e 45° 02' 24,0 O), localizada no interior da BHRV, e as estações Machado (MA; 21° 40'48,0 S; 45° 56'24,0 O) e Lavras (LV; 21° 13' 34,0 S, 44° 58' 47,0 O), localizadas fora dos limites físicos da bacia. Os dados fluviométricos foram obtidos por meio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para a estação Três Corações (TC; -21° 42' 11" S e 45° 14' 51" O).

As classes de solo que predominam na BHRV são: Argissolo (65,3%), Latossolo (23,3%) e Cambissolo (8,9%), seguidas por afloramento rochoso (1,3%) e Neossolo (1,2%). Os usos e cobertura da terra predominantes na bacia são: pastagem (69,2%), floresta nativa (21,3%), campo de rocha (1,7%), eucalipto (0,2%), agricultura (7%) e urbanização (6%).

MODELOS HIDROLÓGICOS

A Simulação de Hidrologia de Lavras (LASH) é um modelo hidrológico conceitual, determinístico e semi-distribuído baseado no modelo SCS-CN modificado, equação de Brooks e Corey para estimativa de escoamento de base e subsuperfície (Mello et al., 2008) e modelo linear de Muskingum-Cunge para roteamento de fluxo de água (Cunge, 1969). Cada componente de escoamento é associado a um reservatório de armazenamento (superfície, subsuperfície e escoamento de base) para propagação do escoamento. O princípio LASH é baseado na equação do balanço hídrico (Eq. 1):

$$\frac{A_t - A_{t-1}}{\Delta t} = \frac{[(P + D_t - ET_R - D_B - D_{SS} - D_S)]}{\Delta t} \quad (1)$$

em que, A_t é o armazenamento atual de água no solo no tempo t (mm); A_{t-1} é o armazenamento de água no solo (mm) no intervalo de tempo imediatamente anterior à t ; P é a precipitação média (mm), descontada da interceptação (IT, em mm); D_t é a ascensão capilar (mm); ET_R é a evapotranspiração real (mm); D_B é a lâmina de escoamento subterrâneo (mm); D_{SS} é a lâmina de escoamento subsuperficial (mm); D_S é a lâmina de escoamento superficial direto (mm); e Δt é o intervalo de tempo.

O Variable Infiltration Capacity (VIC) consiste de dois módulos: (i) uma transformação chuva-escoamento (Liang; Xie, 2001); e (ii) roteamento do fluxo de água (Lohmann et al., 1998) que propaga o fluxo de água usando as equações de Saint-Venant linearizadas. O princípio VIC é baseado na curva de capacidade de infiltração (Eq. 2):

$$i = i_m * [1 - (1 - A)^{1/b_i}] \quad (2)$$

onde i e i_m são a capacidade de umidade do solo pontual e máxima, respectivamente; A é a fração de uma área para a qual a capacidade de umidade do solo é menor ou igual a i ; e b_i é o parâmetro de forma da capacidade de umidade do solo.

O Modelo Hidrológico Distribuído (MHD-INPE) (Rodriguez; Tomasella, 2016) foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a partir do Modelo de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (MGB-IPH), o qual recebeu modificações nas rotinas para estimativa da evaporação e da separação de fluxos.

A separação dos fluxos estimada pelo MHD-INPE combina a formulação do modelo Xinanjiang (Zhao, 1992) e do modelo TopModel (Beven; Kirkby, 1979) para simular a resposta hidrológica. O procedimento de calibração do MHD-INPE é baseado no algoritmo do método de otimização Shuffled Complex Evolution (SCE-UA) (Duan, Sorooshian; Gupta, 1992).

A simulação da perda de água por interceptação ocorre por meio da metodologia proposta por Gash, Lloyd e Lachaud (1995). A extração radicular profunda de captura da água da vegetação desde o solo é resolvida conforme o modelo de distribuição de raízes proposto por Jarvis (1989), de acordo com as estimativas de evaporação, obtidas diretamente no modelo hidrológico por meio do método de Penman-Monteith (Monteith, 1981). A estruturação do MHD-INPE é composta por quatro módulos (balanço de água no solo; evapotranspiração; escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo; escoamento da rede de drenagem) os quais estão explicitados nas seguintes equações: fluxo de base da camada inferior (Eq. 3) Q_{Sub} ; fluxo subsuperficial (Eq. 4) e Q_{SS} a recarga do aquífero Q_r (Eq. 5).

$$Q_{Sub} = \frac{T_{sub} * \tan\beta}{\lambda_\mu^\mu} \left[1 - \frac{S_{max} - S_t}{S_{max}(1 - \xi)} \right]^\mu = \frac{T_{sub} \tan\beta}{\lambda_\mu^\mu} \left[\frac{S_t - \xi S_{max}}{S_{max}(1 - \xi)} \right]^\mu \quad (3)$$

$$Q_{ss} = \frac{\alpha D_1 K_{ss} \tan \beta}{\lambda_\eta^\eta} \left(\frac{SS_t}{SS_{max}} \right)^\eta \quad (4)$$

$$Q_r = K_{ss} \left(\frac{SR_t}{SR_{max}} \right)^\eta \quad (5)$$

onde T_{sub} é a transmissividade quando o lençol freático atinge a superfície; $\tan \beta$ é a declividade média do lençol freático na célula; S_{max} e S_t são, respectivamente, o valor máximo e o valor médio na célula no tempo t do armazenamento na camada inferior do solo; ξ a razão entre o armazenamento na capacidade de campo e S_{max} ; μ é um parâmetro que determina a variação de transmissividade em relação a profundidade; e λ_μ^μ é a média na grade da área de contribuição à montante por unidade de contorno. O armazenamento máximo S_{max} é dado pelo produto da porosidade do solo ϕ e espessura média da camada saturada D_3 ; onde K_{ss} a condutividade hidráulica da camada superior do solo; D_1 a espessura da camada superior do solo; α o coeficiente que considera a anisotropia do solo; η é o parâmetro de condutividade proposto por Brooks e Corey (1964); SS_{max} é a capacidade máxima de armazenamento da camada superior do solo igual ao produto de D_1 e porosidade do solo; SS_t representa o armazenamento médio na célula no tempo t ; e λ_η^η é a área de contribuição média por unidade de contorno elevada à potência $1/\eta$.

AVALIAÇÃO DOS DADOS

Os modelos hidrológicos requerem dados de precipitação, vazão e meteorológicos, mapas relacionados ao uso e cobertura da terra, e características físicas do solo, além do Modelo Digital de Elevação (MDE). Os dados meteorológicos foram obtidos das séries históricas diárias das estações de Lavras, São Lourenço e Machado, sendo obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A série histórica diária dos dados de vazão foi obtida pela estação de Três Corações da ANA, a qual foi utilizada para a análise de desempenho dos modelos.

Os modelos LASH, VIC e MHD necessitam como dados de entrada a série histórica diária de temperatura, máxima e mínima do ar a 2m ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento (m s^{-1}) e precipitação (mm), radiação solar global ($\text{MJ}/(\text{dia.m}^{-2})$), umidade relativa, e além desses parâmetros citados, o MDH utiliza temperatura do ponto de orvalho a 2m ($^{\circ}\text{C}$), pressão atmosférica em nível de superfície (mb). Para isso, foi utilizado o período de 1990 a 2005 da série de dados diários das estações meteorológicas e da estação fluviométrica localizadas na região da BHRV.

O MDE foi obtido da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) junto ao *United States Geological Survey* (USGS). Em suma, para o processamento do MDE seguiu-se as etapas: i) o mosaico das cenas que compõem a BHRV (Mosaic); ii) a extração de máscara (*Extrac by Mask*) a partir do arquivo vetorial da bacia; e iii) o preenchimento de depressões espúrias do MDE (*fill sinks*). Assim, as altitudes da BHRV variaram entre 835 e 2742m. A espacialização das classes de solo da bacia hidrográfica foi

desenvolvida com base no novo mapa do Brasil, o qual possui escala 1:5.000.000, atualizado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018).

Os parâmetros de vegetação que são necessários para o LASH, VIC e MHD são: índice de área de folha, profundidade da raiz, albedo, resistência à superfície e altura. Os parâmetros citados foram obtidos da literatura (Caldeira et al., 2019; Mello et al., 2008; Melo, 2022). Cabe ressaltar que os parâmetros de vegetação não foram alterados durante as calibrações dos modelos.

No caso do LASH, a bacia hidrográfica do estudo foi dividida em sub-bacias, resultando em 57 sub-bacias com áreas de drenagem entre 1,14 km² e 215,65 km². Os limites superior e inferior foram definidos para cada parâmetro na etapa de calibração (Beskow et al., 2011), utilizando o algoritmo SCE-UA (Duan et al., 1992). Na calibração no LASH há sete parâmetros mais sensíveis no modelo, os quais são: (a) o coeficiente de abstração inicial (λ); (b) a condutividade hidráulica do reservatório de zona saturada rasa (K_B); (c) a condutividade hidráulica do reservatório subsuperficial (K_{SS}); (d) o fluxo máximo retornando ao solo por elevação capilar (K_{CR}); (e) O parâmetro de tempo de resposta do reservatório de superfície (C_S); (f) o parâmetro de tempo de resposta do reservatório subsuperficial (C_{SS}); e (g) o tempo de recessão do fluxo de base (C_B). O λ está diretamente associado com a abstração inicial das chuvas, que corresponde à parcela da chuva perdida que ocorre antes do início da geração do escoamento superficial direto (Beskow et al., 2011).

No VIC a superfície da bacia é representada por células de grade, sendo que foi definida uma resolução de 0,01° (3768 células de grade). A calibração do VIC foi realizada manualmente considerando a alteração de cada parâmetro de forma separada de acordo com os estudos de Gao et al. (2010) alterando os valores dos seguintes parâmetros: D_s (fração de D_{smax} para a qual se inicia o escoamento de base não linear), W_s (fração do teor máximo de água da camada inferior do solo, a partir da qual se inicia o escoamento de base não linear), $b_{infiltr}$ (representa a forma da curva variável de infiltração), h_3 (espessura da terceira camada do solo, C (celeridade cinemática da onda que determina a velocidade de propagação da onda no canal de escoamento) e D (coeficiente de difusão de ondas cinemáticas que mostra a diferença de velocidade sobre a área de drenagem).

O procedimento de calibração do MHD foi automático (Duan et al., 1992). O processo de calibração pelo MHD foi utilizado a unidade de resposta hidrológica (URH) advinda da combinação de usos e ocupações dos solos, tipos de solo e vegetação. O modelo determina o balanço hídrico em cada URH e gera o valor de fluxo médio ponderado pela área para cada célula de grade (166) com uma resolução (0,04°). A calibração foi feita na estação fluviométrica Três Corações, utilizando o método *Strength Pareto Evolutionary Algorithm*- SPEA2 (Zitzler, Laumanns; Thiele, 2001).

No processo de calibração foram ajustados dez parâmetros: profundidades da camada de solo (D_1 , D_2 e D_3), o multiplicador da condutividade hidráulica da camada superior, transmissividade horizontal da camada saturada (T_{sub}), coeficiente de decaimento da condutividade hidráulica no solo (μ),

mínimo de armazenamento subterrâneo que se gera escoamento (ξ), anisotropia do solo (α) e os coeficientes do tempo de retardo das camadas superficiais (C_{sup}) e subterrâneas (C_{sub}).

APLICAÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS MODELOS HIDROLÓGICOS

A simulação hidrológica na BHRV foi realizada entre os anos de 1.990 a 2.005, sendo aplicado o período de 1.993 a 1.999 para a calibração e o de 2.000 a 2.005 para a validação dos modelos hidrológicos LASH, VIC e MHD. Como ocorrem incertezas associadas as condições hidrológicas iniciais, foram considerados os três primeiros anos como período de aquecimento. As vazões simuladas do LASH, VIC e MHD foram comparadas às vazões observadas no exutório da bacia estudada. Neste estudo foram avaliados os índices estatísticos Nash-Sutcliffe (Nash; Sutcliffe, 1970), sua versão logarítmica LNASH, assim como o R^2 (Yapo, Gupta; Sorooshian, 1996) e P_{BIAS} (Gupta, Sorooshian; Yapo, 1999) (Equações 6, 7, 8 e 9, respectivamente).

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{si})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \quad (6)$$

$$LNASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\log(Q_{oi}) - \log(Q_{si}))^2}{\sum_{i=1}^n (\log(Q_{oi}) - \log(\bar{Q}_o))^2} \quad (7)$$

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - \bar{Q}_o) (Q_{si} - \bar{Q}_s)}{\sum_{i=1}^n [(Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2]^{0,5} [(Q_{si} - \bar{Q}_s)^2]^{0,5}} \right\}^2 \quad (8)$$

$$P_{BIAS} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{si} - \sum_{i=1}^n Q_{oi}}{\sum_{i=1}^n Q_{oi}} * 100 \quad (9)$$

em que, Q_{si} é a vazão simulada no tempo i ; Q_{oi} é a vazão observada no tempo i , $\bar{Q}_o$ é a vazão observada média, $\bar{Q}_s$ é a vazão simulada média e n é o número total de dados observados.

O $NASH$ determina a habilidade do modelo em reproduzir a série de vazões observadas e possui uma forte influência nas vazões máximas, enquanto o $LNASH$ é mais influenciado pelas vazões mínimas. Já o R^2 informa sobre o grau de correlação entre as simulações e os valores observados, além de relatar a habilidade do modelo em reproduzir a forma e a distribuição do hidrograma (Rodriguez; Tomasella, 2016).

O P_{BIAS} mede a tendência média dos dados estimados pelo modelo hidrológico em super ou subestimar os dados observados de vazão (Yapo et al., 1996). Valores de P_{BIAS} próximos de zero indicam que o modelo não apresentou tendência na estimativa dos valores, sendo que, os valores negativos indicam subestimativas, enquanto que os valores positivos indicam subestimativas nos valores de vazão observados (Gupta et al., 1999). De modo geral, as performances dos modelos hidrológicos podem ser classificadas conforme a Tabela 1, proposta por Moriasi, Gitau, Pai & Daggupati (2015).

Tabela 1. Classificação dos índices estatísticos para avaliação do desempenho dos modelos hidrológicos. Fonte: Adaptado de Moriasi et al. (2015).

Índices estatísticos	Intervalo de variação	Critério de desempenho			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Não satisfatório
NASH e LNASH	$-\infty$ a 1	$>0,80$	0,70 a 0,80	0,50 a 0,70	$\leq 0,50$
R^2	0 a 1	$>0,85$	0,75 a 0,85	0,60 a 0,75	$<0,60$
P_{BIAS}	$-\infty$ a 100	$<\pm 5\%$	± 5 a $\pm 10\%$	± 10 a $\pm 15\%$	$> \pm 15\%$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de calibração usando VIC, LASH e MHD para o Rio Verde. Analisando os parâmetros utilizados na calibração no modelo hidrológico VIC, a curva de infiltração variável (b_i) apresentou um alto valor, o que possibilitou maior escoamento superficial (Xie et al., 2007). Ao contrário do valor do (b_i), os parâmetros de fluxo de base D_s e W_s obtiveram valores baixos.

Esses dois parâmetros de fluxo de base determinam a rapidez com que a água armazenada na terceira camada é deixada como fluxo de base (Liang et al., 1994) e controlam a parte não linear da função de geração do fluxo de base. Provavelmente as camadas dos solos na bacia em estudo são de solos profundos com boa drenagem no caso argilosos e latossolo. Analisando os valores dos parâmetros mais sensíveis do modelo LASH o (coeficiente de abstração de chuva) λ obteve menor valor 0,07 pode estar relacionado com características dos eventos de chuva e também ligado a estimativa da lâmina de escoamento superficial direto (Caletka et al., 2020).

Tabela 2. Parâmetros de calibração dos modelos hidrológicos VIC, LASH e MHD-INPE, bem como seu significado físico e valores finais calibrados.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Gama	Valor Final
Modelo VIC				
b_i	Curva de infiltração variável	-	0.001- 0.4	0.35
D_s	Fração da velocidade máxima do escoamento de base em que se inicia o escoamento de base não linear	Fração	0.001-0.99	0.01
W_s	Fração da humidade máxima do solo em caso de escoamento de base não linear	Fração	0.001-0.99	0.05
H_3	Espessura da terceira camada	m	0.05-2	0.5
C	Celeridade de onda cinemática	$m \ s^{-1}$	0.5-3	0.5
D	Coefficiente de difusão de onda cinemática	$S \ m^{-1}$	200-400	2200
Modelo LASH				
λ	Coefficiente de abstração inicial	-	0.01-0.5	0.07

Parâmetro	Descrição	Unidade	Gama	Valor Final
Modelo VIC				
K_B	A condutividade hidráulica do reservatório raso satura da zona	$\text{mm}^{\text{dia-1}}$	0.0-6	3.33
K_{SS}	Condutividade hidráulica do reservatório subterrâneo	$\text{mm}^{\text{dia-1}}$	0-250	245.41
K_{CR}	Fluxo máximo de retumung para o solo por elevação capilar	$\text{mm}^{\text{dia-1}}$	0-5	1.03
C_S	Parâmetro de tempo de resposta do reservatório de superfície	-	-	84.45
C_{SS}	Parâmetro de tempo de resposta do reservatório subterrâneo	-	-	16677.22
C_B	Tempo de recessão do fluxo de base	dia	-	105.46
Modelo MDH-INPE				
D^1	Espessura da camada superior	m	0-10	3.8
D^2	Espessura da camada intermediária	m	0-10	0.35
D_3	Espessura da camada inferior	m	0-30	0.09
K_{SS}	Condutividade hidráulica saturada o	$\text{mm}^{\text{dia-1}}$	0.01-10	0.37
T_{sub}	Transmissividade máxima da camada inferior	$\text{m}^2 \text{dia-1}$	0.01-1000	0.48
μ	Decadência da transmissividade com a espessura da zona saturada	-	0.01-4	0.0005
Venha e suporte	Parâmetro de armazenamento de água de roteamento para escoamentos superficiais e subterrâneos	dia	0.001-10	25.39
C_{sub}	Parâmetro de armazenamento de água de roteamento para fluxo de base	dia	0.001-2000	272.4252
	Relação entre a capacidade de campo e a porosidade	-		
α	Coeficiente de anisotropia	-	1-10000	394.7182

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das estatísticas de precisão aplicadas para avaliar o desempenho dos três modelos hidrológicos. Os resultados indicam um melhor desempenho dos modelos LASH e MHD-INPE quando comparado ao modelo VIC. Em todos os índices estatísticos verificaram-se desempenhos satisfatórios na calibração e validação, conforme a classificação proposta por Moriasi et al. (2015). Na análise de desempenho do VIC, é notória a maior dificuldade de simular vazões no período seco a partir dos valores L_{NASH} inferiores a 0.50.

Os valores de P_{BIAS} foram satisfatórios, mas indicaram subestimativa dos dados observados de vazão na calibração e validação do VIC. No geral, os valores de NASH indicaram um bom desempenho dos três modelos hidrológicos para simular as vazões de pico. No entanto, os melhores valores simulados das vazões de pico foram verificados com a utilização do LASH e do MHD-INPE.

Tabela 3. Índices estatísticos dos modelos LASH, VIC e MHD para vazões diárias.

Índice Estatístico	Calibração			Validação		
	LASH	VIC	MHD	LASH	VIC	MHD
NASH (C_{NS})	0,85	0,79	0,79	0,80	0,77	0,87
LNASH ($\log C_{NS}$)	0,89	0,22	0,84	0,81	0,35	0,86
R^2	0,85	0,85	0,79	0,85	0,85	0,88
P_{BIAS}	0,60	14,85	0,80	6,80	14,48	-7,30

Os resultados obtidos pela simulação dos modelos hidrológicos MHD-INPE e LASH na Tabela 3, são considerados bastante satisfatórios para BHRV. Outros autores também obtiveram resultados semelhante na comparação no desempenho dos modelos hidrológicos na mesma região no Sul de Minas Gerais. Melo et al. (2022) utilizando os modelos hidrológicos MHD-INPE e DHSVM, obtiveram resultados satisfatório na simulação utilizando MHD-INPE a passo diário, quando os índices estatísticos na calibração NASH, LNASH e P_{BIAS} apresentaram 0,80, 0,75, -8,0, respectivamente.

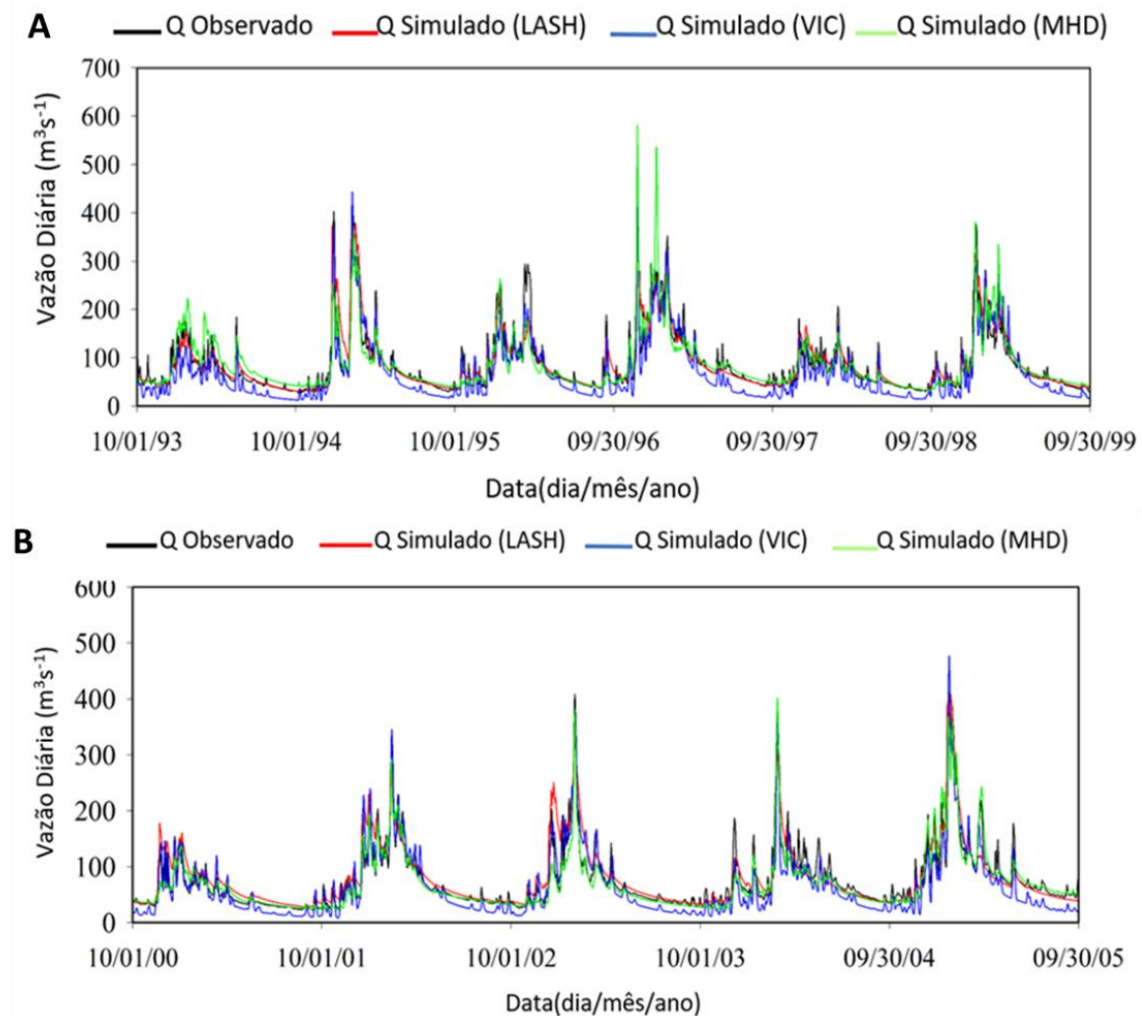


Figura 1. Vazões diárias observadas e simuladas pelo: **A.** LASH, MHD e VIC; **B:** LASH, MHD e VIC durante o período de validação. Fonte: dos autores

Os resultados das vazões diárias simuladas pelo LASH, VIC e MHD, além das vazões observadas, nas etapas de calibração e validação, estão dispostos na Figuras 1. Os resultados obtidos pelo VIC mostraram uma subestima da vazão no período de recessão, já no período chuvoso, em alguns casos a vazão de pico é superestimada.

No geral, quando comparado às vazões diárias observadas, as vazões diárias simuladas pelo LASH e MHD apresentaram melhores resultados em relação àquelas simuladas pelo VIC. O pior desempenho do VIC pode estar relacionado ao processo manual de calibração utilizado, sendo que essa metodologia de calibração exige um alto tempo de processamento para alcançar a melhor combinação de parâmetros que é realizada individualmente. Além disso, a calibração manual exige uma análise inter-parâmetros, normalmente realizada fixando um e alterando os demais, com o intuito de verificar qual parâmetro é mais sensível.

Na Figura 1B, observa-se de maneira geral, uma boa concordância entre os valores estimados pelos modelos LASH, MHD e os observados, porém o MHD apresentou maior dificuldade em simular alguns valores de pico no período de 1996, com picos mais elevados que os observados. Esse tipo de comportamento na simulação, pode estar relacionado à variabilidade espacial e temporal das chuvas, associada ao baixo tempo de concentração do escoamento em bacias.

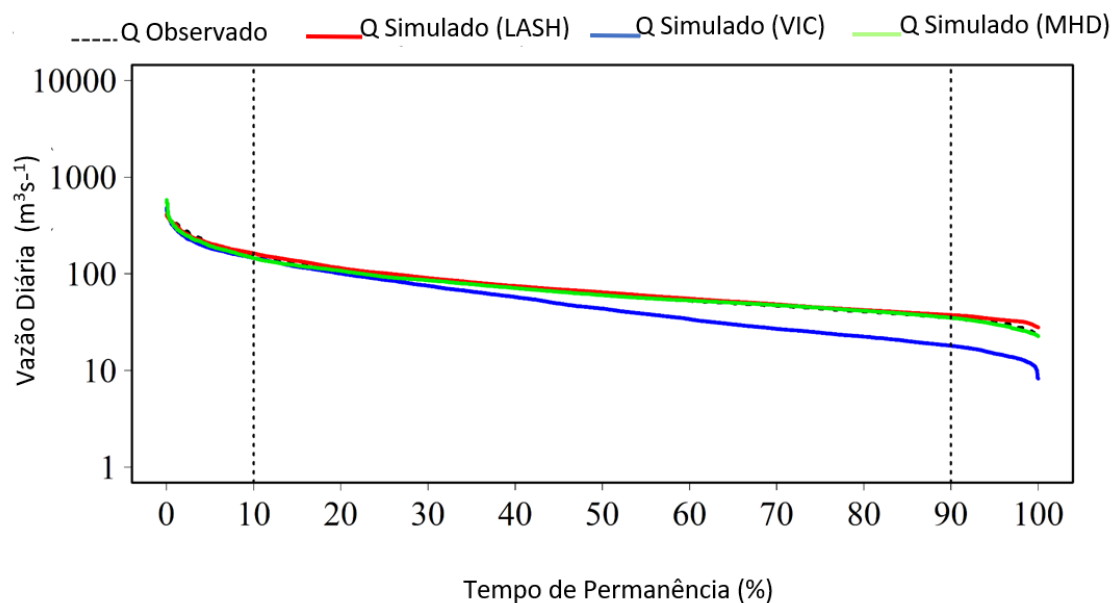


Figura 2. Curva de permanência das vazões observada e simulada pelos modelos LASH, MHD e VIC.
Fonte: dos autores

A Figura 2 mostra o comportamento da curva de permanência das vazões observadas e simuladas pelos três modelos utilizados. A curva de permanência permite uma estimativa da frequência de tempo em que uma determinada vazão é igualada ou excedida. Neste contexto, levando em consideração a gestão dos recursos hídricos, essa é uma importante ferramenta para representar a frequência das vazões

máximas e mínimas de referência simuladas pelos modelos hidrológicos. As vazões mínimas simuladas pelo VIC foram subestimadas quando comparadas às vazões observadas. O valor da Q_{90} observado foi $35,03\text{m}^3/\text{s}^{-1}$ e das vazões Q_{90} simuladas para o modelo LASH, VIC e MHD foram $43,87\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, $18,03\text{m}^3/\text{s}^{-1}$ e $35,89\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, respectivamente.

O valor da Q_{10} observado foi $151,61\text{m}^3/\text{s}^{-1}$; o Q_{10} simulado LASH, VIC e MHD foram $162,78\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, $144,84\text{m}^3/\text{s}^{-1}$ e $147,17\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, respectivamente. No geral, fica evidente o melhor ajuste da curva de permanência das vazões diárias simulada pelo LASH e MHD.

Na Figura 3 encontram-se os dados do deflúvio diário acumulado. Os dados simulados pelo LASH e MHD quando comparados aos dados observados evidenciaram uma melhor concordância. Os valores acumulados do escoamento superficial foram de 7.036 mm (observado), 7.252 mm (simulado pelo LASH), 7.016 mm (simulado pelo MHD) e 5.892 mm (simulado pelo VIC). No final do período avaliado, os valores simulados pelo LASH ficaram um pouco acima dos observados. Diferentemente dos dados simulados pelo VIC que em geral, durante todo o período, ficaram abaixo dos dados observados.

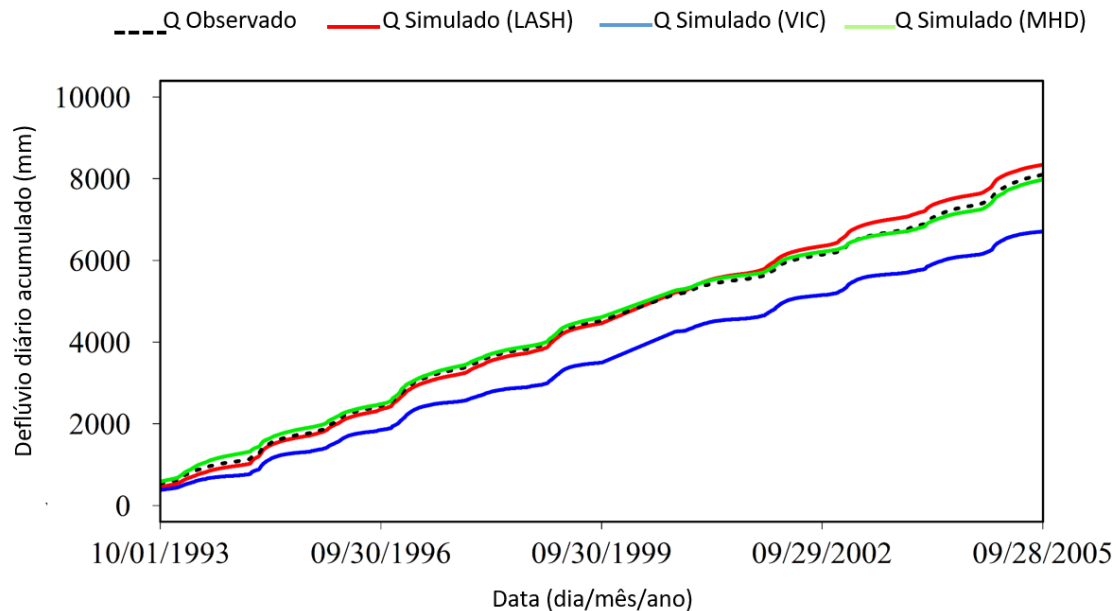


Figura 3. Deflúvio acumulado na BHRV. Fonte: do autor

Os resultados obtidos dos componentes do balanço hídrico vertical anual observados e simulados pelos modelos hidrológicos LASH, VIC e MHD podem ser visualizados na Tabela 4. Nesta pesquisa, os valores médios anuais da evapotranspiração simulada em relação a precipitação variaram de 44 a 57%, 53 a 78%; 37 a 64% com o LASH, VIC e MHD, respectivamente. Os maiores valores médios de evapotranspiração anual simulada pelo VIC são indicativos de subestimativa do deflúvio. Esses resultados estão de acordo com o estudo de Alvarenga et al. (2020) que indicaram performance razoável na simulação da vazão na bacia hidrográfica do rio Verde utilizando o SWAT e VIC. Os autores destacam valores médios anuais de evapotranspiração variando entre 57,9 a 65,7% da precipitação. Na pesquisa

citada verifica-se o melhor desempenho do VIC quando comparado ao SWAT. No presente estudo verificou-se melhor desempenho do LASH e MHD quando comparado ao VIC.

Tabela 4. Componentes do balanço hídrico anual (1993-2005) da BHRV.

ANO	P (mm)	LASH			VIC			MHD		
		ET (mm)	P-ET (mm)	ET/P (mm)	ET (mm)	P-ET (mm)	ET/P (mm)	ET (mm)	P-ET (mm)	ET/P (mm)
1993	1451,60	733,93	717,67	0,51	841,37	610,23	0,58	764,67	686,93	0,53
1994	1348,97	653,72	695,26	0,48	888,92	460,05	0,66	754,17	594,80	0,56
1995	1504,59	744,24	760,35	0,49	995,91	508,67	0,66	772,98	731,61	0,51
1996	1843,76	846,76	997,00	0,46	1081,74	762,02	0,59	844,41	999,36	0,46
1997	1419,88	754,78	665,10	0,53	1009,85	410,03	0,71	825,20	594,68	0,58
1998	1318,14	795,86	522,29	0,60	1033,46	284,68	0,78	842,22	475,92	0,64
1999	1468,56	640,74	827,82	0,44	861,59	606,97	0,59	773,43	695,12	0,53
2000	1672,63	750,00	922,63	0,45	979,26	693,37	0,59	812,50	860,13	0,49
2001	1336,06	757,36	578,70	0,57	998,82	337,25	0,75	820,93	515,14	0,61
2002	1383,37	734,38	648,99	0,53	952,58	430,79	0,69	791,17	592,20	0,57
2003	1295,67	664,15	631,52	0,51	922,92	372,74	0,71	784,95	510,71	0,61
2004	1621,56	795,08	826,48	0,49	1001,45	620,11	0,62	818,89	802,68	0,50
2005	1596,35	753,36	842,99	0,47	847,35	749,00	0,53	591,49	1004,86	0,37

CONCLUSÃO

A análise de desempenho dos modelos hidrológicos LASH, MHD e VIC foi realizada na bacia hidrográfica do Rio Verde. Em geral, os modelos hidrológicos foram capazes de simular as vazões médias diárias na bacia. Na calibração e validação o LASH e MHD apresentaram melhores desempenhos quando comparado ao VIC, que teve uma maior dificuldade para simular as vazões no período seco, sendo evidenciado com os resultados do LNASH menores que 0,5.

Alguns aspectos com relação aos resultados obtidos pelo modelo hidrológico VIC são reflexos do tipo de calibração adotada (manual e com limites definidos), além das incertezas com relação a estrutura do modelo, o que possibilita erros, gerando resultados insatisfatórios. Contudo, o modelo possui potencial para utilização como ferramenta na modelagem hidrológica.

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que os modelos LASH e MHD foram capazes de prever as vazões diárias com melhor precisão, tornando-se uma ferramenta importante para gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas desta região de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, L. A., Carvalho, V. S. O., Oliveira, V. A., Mello, C. R., Colombo, A., Tomasella, J., et al. (2020). Hydrological simulation with SWAT and VIC Models in the Verde River Watershed, Minas Gerais. *Ambiente & Água*, 15, e2492.
- Beskow, S., Mello, C. R., & Norton, L. D. (2011). Development, sensitivity and uncertainty analysis of LASH model. *Scientia Agricola*, 68, 265–274.
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1), 43-69.
- Brooks, R. H., & Corey, A. T. (1964). *Hydraulic Properties of Porous Media*. Hydrology Paper, Vol. 3, Colorado State University: Fort Collins.
- Caldeira, T. L., Mello, C. R., Beskow, S., Timm, L. C., & Viola, M. R. (2019). LASH hydrological model: An analysis focused on spatial discretization. *Catena*, 173, 183-193.
- Caletka, M., Šulc Michalková, M., Karásek, P., & Fučík, P. (2020). Melhoria do coeficiente de captação inicial SCS-CN na República Checa: Um estudo de cinco bacias hidrográficas. *Água*, 12(7), 1-28.
- Carvalho, V. S. O., da Cunha, Z. A., Alvarenga, L. A., Beskow, S., de Mello, C. R., Martins, M. A., et al. (2022). Assessment of land use changes in the Verde River basin using two hydrological models. *Journal of South American Earth Sciences*, 118, 103954.
- Cunge, J. A. (1969). On the subject of a flood propagation computation method (Muskingum method). *Journal of Hydraulic Research*, 7(2), 205-230.
- Duan, Q., Sorooshian, S., & Gupta, V. (1992). Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. *Water resources research*, 28, 1015-1031.
- Gao, H., Tang, Q., Shi, X., Zhu, C., Bohn, T., Su, F., et al. (2010). Water budget record from Variable Infiltration Capacity (VIC) model. Algorithm theoretical basis document for terrestrial water cycle data records. Seattle, Estados Unidos: Universidade de Washington, p. 120-173.
- Gash, J. H. C., Lloyd, C. R., & Lachaud, G. (1995). Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *Journal of Hydrology*, 170(1-4), 79-86.
- Gupta, H. V., Sorooshian, S., & Yapo, P. O. (1999). Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. *Journal of hydrologic engineering*, 4, 135-143.
- Jarvis, N. J. (1989). A simple empirical model of root water uptake. *Journal of Hydrology*, 107(1-4), 1-12.
- Liang, X., & Xie, Z. (2001). A new surface runoff parameterization with subgrid-scale soil heterogeneity for land surface models. *Advances in Water Resources*, 24(9–10), 1173–1193.
- Liang, X., Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., & Burges, S. J. (1994). A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. *Journal of Geophysical Research*, 99(D7), 14415-14428.

- Lohmann, D., Raschke, E., Nijssen, B., & Lettenmaier, D. P. (1998). Regional scale hydrology: II. Application of the VIC-2L model to the Weser River, Germany. *Hydrological sciences journal*, 43, 143-158.
- Mello, C. D., Viola, M. R., Norton, L. D., Silva, A. M., & Weimar, F. A. (2008). Desenvolvimento e aplicação de uma simulação de modelo hidrológico simples para uma bacia hidrográfica de cabeceira brasileira. *Catena*, 75(3), 235-247.
- Melo, P. A., Alvarenga, L. A., Tomasella, J., Santos, A. C., Mello, C. R., & Colombo, A. (2022). On the performance of conceptual and physically based modelling approach to simulate a headwater catchment in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 114, 103683.
- Monteith, J. L. (1981). Evaporation and surface temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107(451), 1-27.
- Moriasi, D. N., Gitau, M. W., Pai, N., & Daggupati, P. (2015). Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria. *Transactions of the ASABE*, 58(6), 1763-1785.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, 10(3), 282-290.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas: Texas Water Resources Institute.
- Pacheco, F. A. L. (2015). Regional Groundwater flow in hard rocks. *SCI. Total Environ*, 506-507, 182-195.
- Rodriguez, D. A., & Tomasella, J. (2016). On the ability of largescale hydrological models to simulate land use and land cover change impacts in Amazonian basins. *Hydrological Sciences Journal*, 61(10), 1831-1846.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., et al. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.
- Xie, Z. H., Yuan, F., Duan, Q. Y., Zheng, J., Liang, M. L., & Chen, F. (2007). Regional parameter estimation of the VIC land surface model: Methodology and application to river basins in China. *Journal of Hydrometeorology*, 8(3), 447-468.
- Yapo, P. O., Gupta, H. V., & Sorooshian, S. (1996). Automatic calibration of conceptual rainfall-runoff models: Sensitivity to calibration data. *Journal of Hydrology*, 181(1-4), 23-48.
- Zhao, R. J. (1992). The Xinanjiang model applied in China. *Journal of Hydrology*, 135(1-4), 371-381.
- Zitzler, E., Laumanns, M., Thiele, L. (2001). SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm. *TIK Report*, 103, 1-21.

Índice Remissivo

A

Amazônia, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 31

C

Competição vegetal, 121

D

Distúrbios fisiológicos, 76

E

Eucalyptus, 61, 62, 63, 67, 69, 70, 71

Eucalyptus sp, 76, 77

Expressão Gênica, 83

G

Genes endógenos, 62

Genótipos, 39, 41, 42, 46

Germinação, 56

M

Muntingia, 20, 21, 23, 26

N

Normalização, 64

P

Parkia multijuga, 28, 29, 31, 32, 33, 34

Parque, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 34

Plantio consorciado, 107

Porcentagem de massa seca, 49, 50, 51

R

RT-qPCR, 77, 80, 81, 83, 84

S

Semiárido, 53

Soil and Water Assessment Tool (SWAT), 6

V

Variable Infiltration Capacity (VIC), 6, 8

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 organizações de e-books, 53 capítulos de e-

books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 159 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 64 organizações de e-books, 46 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



  **Bruno Rodrigues de Oliveira**

Graduado em Matemática pela UEMS/Cassilândia (2008). Mestrado (2015) e Doutorado (2020) em Engenharia Elétrica pela UNESP/Ilha Solteira. Pós-doutorado pela UFMS/Chapadão do Sul na área de Inteligência Artificial aplicada na Engenharia Florestar/Agronômica. É editor da Pantanal Editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences e Analista no Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul. Tem experiência nos temas: Matemática, Processamento de Sinais via Transformada Wavelet, Análise Hierárquica de Processos, Teoria de Aprendizagem de Máquina e Inteligência

Artificial, com ênfase em aplicações nas áreas de Engenharia Biomédica, Ciências Agrárias e Organizações Públicas. Contato: bruno@editorapantanal.com.br



9786585756617



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br