



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

# INDICADOR AGROHIDROLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA ATENDER A DEMANDA DA ATIVIDADE CANAVIEIRA IRRIGADA: SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO

Rodrigo P. Demonte Ferraz<sup>1</sup>; Margareth Simões<sup>1,2,3</sup>, Vincent Dubreuil<sup>3</sup>

rodrigo.demonte@embrapa.br; margareth.simoes@embrapa.br; vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr

<sup>1</sup>Embrapa Solos Rua Jardim Botânico 1024, CEP 22460-000; <sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação Meio Ambiente PPGMA/UERJ, Rua Maracanã 524, Rio de Janeiro, R.J., CEP 20550-013; <sup>3</sup>Université Rennes2, Lab. Costel UMR 6554 CNRS-LETG, Place du Recteur H. Le Moal, 35043 Rennes, França

## Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados da avaliação da disponibilidade hídrica dos municípios da Mesorregião Sul do Estado de Goiás, Brasil, para atender a demanda hídrica potencial para o desenvolvimento da atividade canavieira irrigada em expansão. Neste sentido, foi utilizado um indicador agrohidrológico: *Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica - ICDH*, proposto por Ferraz (2012) que estabelece a proporção relativa dos volumes hídricos disponíveis necessários para atender a demanda da atividade canavieira em sistema de irrigação. Os dados para a estimativa da disponibilidade hídrica foram extraídos de modelos de regionalização das vazões específicas (qmlt e q95). A estimativa da demanda hídrica da cultura canavieira irrigada foi realizada por meio de um modelo de balanço hídrico do qual calculou-se o déficit hídrico e a lâmina de irrigação necessária. O indicador, estabelecendo o grau de comprometimento dos recursos hídricos disponíveis para atender a demanda hídrica potencial da atividade canavieira, apresentou-se capaz de descrever e classificar os diferentes municípios em relação ao potencial hídrico para atender uma nova atividade econômica. Sendo, portanto, adequado para o planejamento estratégico e gestão dos recursos hídricos em escala regional.

**Palavras-Chave** – Indicadores hidrológicos, disponibilidade hídrica, cana-de-açúcar.

## AGRO-HYDROLOGIC INDICATOR FOR THE WATER AVAILABILITY ASSESSMENT TO MEET THE DEMAND OF IRRIGATED SUGARCANE CROP: SUBSIDIES FOR PLANNING AND MANAGEMENT

## Abstract

The aim of this work is to present the results of the water availability assessment in the municipalities from South Region of the Goiás State, Brazil, to meet the potential water demand for the development of sugarcane irrigated expanding crop. In this sense, it was used an agro-hydrologic indicator: *Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica - ICDH* (Impairment rate of water availability), proposed by Ferraz (2012) that establishes the relative proportion of water available amount required to meet the sugarcane-crop water demand in irrigation system. The data for the estimation of water availability were extracted of specific flow regionalization models (qmlt and q95). The estimation of sugarcane-crop water demand was performed by a water balance model used to calculate the hydric-deficit and the irrigation water blade required. The indicator, establishing the degree of commitment of the water resources available to meet the potential water



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília - DF

demand of sugarcane crop, is able to discriminate and sort the different municipalities in relation to water potential to meet a new economic activity. Therefore, the proposed indicator is suitable for strategic planning and water resources management at the regional scale.

**Keywords:** Hydrologic indicators; water availability; sugarcane.

### INTRODUÇÃO

Nas regiões onde a deficiência hídrica constitui um fator limitante para a produção canavieira, o estímulo à prática da irrigação pode configurar uma opção estratégica de grande alcance para aumentar a produtividade agrícola e, consequentemente, a oferta de cana-de-açúcar para a agroindústria sucroalcooleira. A partir da perspectiva de que a prática da irrigação pode constituir uma alternativa técnica, economicamente viável, para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar nas condições do Cerrado, se faz necessário avaliar a disponibilidade hídrica regional para atender a demanda crescente de água que será requerida para sustentar a atividade canavieira em expansão e, consequentemente, antever a pressão e os impactos sobre os recursos hídricos, antecipando aos possíveis conflitos pelo uso da água. Com base em indicador proposto pelo Sistema de Indicadores para Avaliação do Potencial de Sustentabilidade Hídrica da Atividade Canavieira - SISH-Cana (Ferraz, 2012), o presente artigo apresenta uma avaliação do potencial da sustentabilidade hídrica para a atividade canavieira em municípios contrastantes, situados na Mesorregião do Sul do Estado de Goiás.

### METODOLOGIA

A metodologia consiste na utilização do indicador *Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica* (ICDH) proposto por Ferraz (2012) (quadro 1) para avaliar os níveis de pressão e capacidade de suporte dos recursos hídricos superficiais disponíveis em cada Unidade Territorial de Análise (UTA-municípios) para o desenvolvimento da atividade canavieira irrigada de maneira sustentável. O indicador ICDH responde de forma direta e satisfatória a questão: *Quanto será necessário comprometer dos recursos hídricos disponíveis para atender a demanda hídrica da atividade canavieira na UTA considerada?*

Quadro 1 - Indicador do grau de comprometimento da disponibilidade hídrica para atender a demanda hídrica da atividade canavieira.

INDICADOR	FÓRMULA
ICDH - Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica	$ICDH = DeH / DiH_G$

Nota: (i) DeH - Demanda hídrica da atividade canavieira; (ii) DiH<sub>G</sub> - Disponibilidade hídrica geral.

A interpretação do indicador ICDH é bastante simples, pois, indica de forma direta a proporção da *Disponibilidade Hídrica* necessária para atender a demanda da atividade canavieira em sistema de irrigação na Unidade Territorial de Análise adotada. O ICDH indica a potencialidade da produção de água da UTA para sustentar a expansão da cultura canavieira. Indica ainda, o grau de pressão potencial a qual os recursos hídricos estarão submetidos no caso hipotético da expansão canavieira atingir a área máxima considerada apta. Como uma razão entre grandezas com unidades iguais, é adimensional e, pode ser expresso em percentagem ou normalizado em uma escala decimal, variando no intervalo:  $0 \leq ICDH \leq 1$ . A interpretação do indicador ICDH se baseia nos seguintes critérios: (i)  $ICDH = 1,0$  (100% da DiH<sub>G</sub>): Significa o comprometimento máximo da Disponibilidade Hídrica para atender a Demanda Hídrica. Constitui um valor crítico, limite da

sustentabilidade hídrica; (ii)  $0 \leq \text{ICDH} \leq 1$  ( $x\%$  da DiH<sub>G</sub>); Significa um grau intermediário de comprometimento da Disponibilidade Hídrica especificada para atender a Demanda Hídrica, cuja grandeza do valor do indicador revela o grau de comprometimento da Disponibilidade Hídrica especificada para atender a Demanda Hídrica da atividade canavieira (iii)  $\text{ICDH} > 1$ . Significa que a Disponibilidade Hídrica geral ou específica esta aquém da Demanda Hídrica da atividade canavieira conforme o sistema especificado (Neste caso o ICDH = 1,0). Constituem valores críticos que indicam o comprometimento máximo da Disponibilidade Hídrica geral ou específica. (iv)  $\text{ICDH} = 0,0$  (0% da DiH<sub>G</sub>). Essa condição ocorre quando: DeH=0,0. Significa que não há demanda alguma e, portanto, obviamente, não há comprometimento dos recursos hídricos especificados.

Para o cálculo das vazões específicas foram obtidos os dados de vazão das séries hidrológicas e as respectivas áreas de contribuição das seções de controle de 46 estações fluviométricas coordenadas pela Agência Nacional de Águas - ANA do Ministério do Meio Ambiente - HidroWeb (<http://hidrowebана.gov.br>). Por meio do programa SisCAH 1.0 da UFV (SOUSA, 2009), foram realizados o preenchimento das falhas e a extensão das séries históricas de vazão através da análise de regressão linear simples (BERTONI e TUCCI, 2007). Para a escolha de bases para as regressões foram considerados os seguintes critérios: (i) dados observados no período comum entre a estação a ser consistida, preenchida ou estendida; (ii) estação de apoio do mesmo curso d'água; (iii) estação mais próxima; (iv) princípio da semelhança hidrológica entre as bacias hidrográficas em comparação. Critério decisório foi os coeficientes de correlação com valor mínimo de  $R^2 = 0,7$  e a existência de pelo menos oito pares de eventos entre as estações para a realização da regressão (BERTONI e TUCCI, 2007). A partir das séries de vazão preenchidas e estendidas e utilizando-se somente períodos com dados anuais completos com tolerância máxima de 10% de falhas diárias por mês, foram calculadas as vazões médias de longo termo (Qmlt) e as vazões com 95% de permanência (Q95) ( $m^3 s^{-1}$ ). Após a divisão pela área de contribuição referente a cada seção de controle fluviométrico obteve-se as vazões específicas médias de longo termo (qmlt) e as vazões específicas com 95% permanência (q95) ( $l.s^{-1}km^{-2}$ ). Para gerar o modelo espacializado de vazões específicas médias de longo período (qmlt) e de vazão específica com 95% de permanência (q95), os referidos índices foram regionalizados considerando-se zonas hidrológicas homogêneas baseadas na divisão das bacias hidrográficas com seus atributos naturais e na variação e distribuição espacial da precipitação pluviométrica. As zonas hidrológicas homogêneas (Figura 2C) foram obtidas a partir do cruzamento da carta hidrográfica, ajustada, de Ottobacias nº 5 adotada pela ANA (Figura 2B) com um modelo adaptado de distribuição espacial da precipitação pluviométrica média anual, elaborado para todo o Estado de Goiás por Evangelista (EVANGELISTA, 2011) (Figura 2 A). A carta de Ottobacias nº 5 foi ajustada e simplificada por meio da união de algumas sub-bacias similares ou subsidiárias, tendo como fundamento a proporcionalidade das áreas e certa uniformidade dos modelados geomorfológicos e a distribuição dos solos (Figura 2 B).



Figura 2 - Mapas: (A) Precipitação média anual (adaptado de Evangelista (2011)); (B) Modelo de bacias hidrográficas (Adaptado do sistema de Ottobacias nº 5 adotado pela ANA); (C) zonas hidrológicas homogêneas utilizadas para a elaboração do modelo de regionalização de vazões específicas para a Mesorregião Sul Goiano – GO (Ferraz, 2012)

Deste modo, obtiveram-se zonas com comportamento pluviométrico uniforme e relativamente homogêneas do ponto de vista fisiográfico as quais foram atribuídos os valores de vazão específica (qmlt e q95) de acordo com o seguinte critério: (i) os valores de vazão específica obtidos em pontos circunscritos nas zonas hidrológicas foram diretamente relacionados; (ii) para as zonas com ausência de pontos de medição foram atribuídos valores regionalizados da vazão específica (qmlt e q95) transportada de outros pontos com base na similaridade entre as zonas relacionadas. Desta forma foram obtidos dois modelos de distribuição espacial das vazões específicas para a região de interesse que serviram de base para as estimativas da oferta hídrica das Unidades Territoriais de Análise adotadas no estudo. Modelos: (i) vazão esoecífica média de longo termo (qmlt); (ii) e vazão específica com 95% de permanência (q95). Após a elaboração do modelo espacial de vazões específicas, os procedimentos para o cálculo da disponibilidade hídrica geral foram os seguintes: (i) Estimou-se a produção de água disponível para a alocação direta do canal fluvial a partir do cálculo do volume total produzido durante um período anual (12 meses) com base na metade da Q95 ( $\frac{1}{2}$  Q95 foi considerada como vazão remanescente) que representa a vazão disponível em 95% do tempo do ciclo hidrológico; (ii) Estimou-se a produção de água capaz de ser reservada por acumulação prévia em reservatórios ou barramentos a partir do cálculo do volume produzido durante um período semestral (6 meses) com base na diferença entre a vazão Qmlt e a Q95 que representa o volume excedente produzido durante o período de ascensão do ciclo hidrológico; (iii) Estimou-se a disponibilidade hídrica geral a partir da soma algébrica dos volumes hídricos produzidos anteriormente explicitados. A expressão matemática utilizada para o cálculo da disponibilidade hídrica geral em volume ( $m^3$ ) é apresentada a seguir:

$$DiH_G = (DiH_A + DiH_R) / 1000 \quad (01)$$

$$DiH_G = \{ [(q95 - \frac{1}{2} q95) 3153.000] + [(qmlt - q95) 1576000] SUTA \} / 1000 \quad (02)$$

Onde,

$DiH_G$  = Disponibilidade hídrica geral ( $m^3$ );

$DiH_A$  = Disponibilidade hídrica alocável ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ );

$DiH_R$  = Disponibilidade hídrica regularizável ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ );

$q95$  = Vazão específica com 95% de permanência ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ );

$qmlt$  = Vazão específica média de longo termo ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ );

$\frac{1}{2} q95$  = Vazão específica remanescente dada por uma fração da vazão específica com 95% de permanência ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ ).

$P_1$  = Período de produção de água anual no qual se pode contar com a alocação (95% dos 365 dias anuais  $\approx 346$  dias) (s). OBS: No caso foi utilizado o período anual completo 365 dias;

$P_2$  = Período de produção de água anual no qual se pode reservar os excedentes hídricos (6 meses  $\approx 183$  dias) (s).

$SUTA$  = Área da Unidade Territorial de Análise ( $Km^2$ )

Para a estimativa da demanda hídrica da atividade canavieira em sistema de irrigação compulsória ( $DeH_I$ ) pondera-se tanto a demanda de água para atender a prática da irrigação de acordo com a categoria de irrigação estipulada: (i) Irrigação de Salvamento; (ii) Irrigação Suplementar; (iii) Irrigação Plena; quanto a demanda de água para atender o processamento industrial da produção potencial da cultura canavieira na UTA em avaliação. Assim, a formulação geral é dada por:

$$DeH_I = DeH_{IC} + DeH_{PI} \quad (03)$$

Onde,

$DeH_I$ : Demanda hídrica da Atividade canavieira em sistema de irrigação ( $m^3$ )

$DeH_{IC}$ : Demanda hídrica para a irrigação da cultura canavieira ( $m^3$ )

$DeH_{PI}$ : Demanda hídrica para o processamento industrial da produção da cultura canavieira ( $m^3$ )

Para a estimativa da demanda hídrica para o processamento industrial da produção da cultura canavieira ( $DeH_{PI}$ ) dado pelas seguintes expressões:

$$DeH_{PI} = V_{AG} \cdot P_{MC} \cdot S_F$$

(04)

Onde,

$DeH_{PI}$  = Demanda hídrica para o processamento industrial da produção da cultura canavieira ( $m^3$ );

$V_{AG}$  = Volume de água gasta por massa de cana produzida ( $m^3 \cdot t^{-1}$ ); Obs: Esse valor é definido com base em estimativa média com nível tecnológico da planta agroindustrial intermediário.

$P_{MC}$ : Produtividade média da cultura da cana-de-açúcar ( $t.ha^{-1}$ ); Obs: Esse valor é definido com base em estimativas médias para a região estudada, considerando o desenvolvimento da cultura sem déficit hídrico.

$S_F$ : Área favorável para a cultura canavieira na UTA (ha).

Para a estimativa da demanda hídrica para a irrigação da cultura canavieira ( $DeH_{IC}$ ) se faz necessário determinar a lâmina de irrigação (mm) que será aplicada. A lâmina de irrigação é calculada com base no déficit hídrico regional derivado de algum modelo de balanço hídrico, tomado como referência (Silva et al., 2008). Assim, conforme a magnitude do déficit hídrico e da lâmina de irrigação a ser aplicada determina-se a categoria de irrigação mais adequada (Irrigação de Salvamento; Irrigação Suplementar; Irrigação Plena). Assim, a  $DeH_{IC}$  é obtida através da multiplicação da lâmina (mm) necessária para a irrigação da cultura canavieira pelo número total de hectares a ser, potencialmente, irrigado, dado pela área de irrigação compulsória ( $S_{IC}$ ), dada pela expressão:

$$DeH_{IC} = 10 \lambda \cdot S_{IC}$$

(05)

Onde,

$DeH_{IC}$  = Demanda hídrica para a irrigação da cultura canavieira ( $m^3$ );

$S_{IC}$  = Área de irrigação compulsória (ha);

$\lambda$  = Lâmina de irrigação (mm);

Obs: Correspondem as lâminas irrigação predeterminadas. No estudo de caso deste trabalho foram utilizadas as lâminas de 80 e 120mm

10: fator de transformação da lâmina “λ” em mm pra  $m^3.ha^{-1}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados do indicador – ICDH: Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica - para a avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica para o desenvolvimento da atividade canavieira nos municípios das microrregiões: Meia Ponte, Sudoeste de Goiás, Vale do Rio dos Bois e Quirinópolis. Os resultados apresentados demonstram as diferenças que os municípios apresentam em relação ao potencial de sustentabilidade hídrica para o desenvolvimento da atividade canavieira.

Os percentuais de área consideradas aptas para o cultivo da cana-de-açúcar em sistema de irrigação compulsória (%AIC), variando entre 21%, para o Município de Varjão no Vale do Rio dos Bois e, 91%, para o Município de Bom Jesus de Goiás em Meia Ponte, revelam a expressiva favorabilidade em termos de aptidão edáfica que a maioria dos municípios das microrregiões estudadas apresenta. No entanto, na maioria dos municípios as condições climáticas impõem a prática da irrigação suplementar.

Do ponto de vista do potencial de sustentabilidade hídrica os municípios das microrregiões de Quirinópolis e, sobretudo, Sudoeste de Goiás apresentam maior favorabilidade, com destaque para os municípios de Caiapônia, Dorvelândia, Mineiros, Portelândia, Palestina de Goiás, Sta Rita do Araguaia, Itajá, Itarumã, Lagoa Santa, Aporé, Chapadão do Céu, apenas para citar os que apresentaram um percentual de comprometimento de no máximo 20% dos volumes hídricos

disponíveis para atender a atividade canavieira em seus territórios. Os municípios de Cromínia, Buriti Alegre, Morrinhos e Professor Jamil, situados na Microrregião de Meia Ponte, e, Varjão no Vale do Rio dos Bois, também possuem percentuais de comprometimento da disponibilidade hídrica abaixo dos 20%. No entanto, condicionados mais pela baixa demanda, devido à limitação de áreas favoráveis para a cultura canavieira, do que propriamente pela abundância da oferta hídrica. Os municípios menos favoráveis quanto à sustentabilidade hídrica, todos apresentando percentuais de comprometimento da disponibilidade hídrica acima de 50% são: Edealina, Edéia, Indiara, Jandaia, Palmeiras de Goiás, Palminópolis, São João da Paraúna, Turvelândia, situados na Microrregião do Vale do Rio dos Bois, e, Porteirão na Microrregião de Meia Ponte.

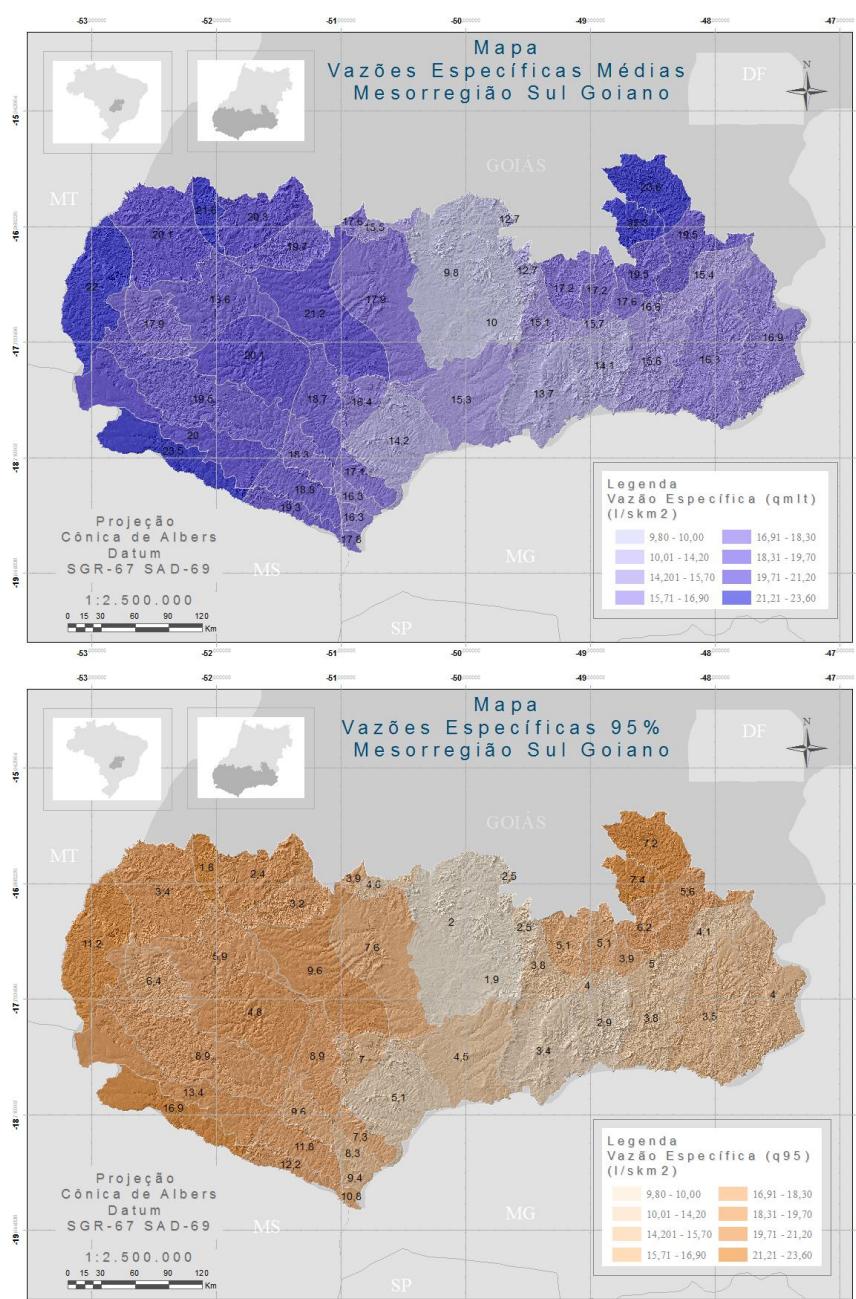


Figura 3 – Mapas: (A) Vazões específicas médias de longo termo (qmlt); (B) Vazões específicas com 95% de permanência (q95), para a Mesorregião Sul Goiano – GO



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Tabela 1 - Indicadores de comprometimento da disponibilidade hídrica (ICDH) para os municípios das microrregiões: Meia Ponte, Sudoeste de Goiás, Vale do Rio dos Bois e Quirinópolis.

Microrregião: Meia Ponte			Microrregião: Sudoeste de Goiás		
Municípios	% AIC	ICDH	Municípios	% AIC	ICDH
Água Limpa	36	0,20	Aparecida do R. Doce	79	0,33
Aloândia	39	0,21	Aporé	0	0,00
Bom Jesus de Goiás	91	0,48	Caiapônia	34	0,13
Buriti Alegre	20	0,12	Castelândia	85	0,44
Cachoeira Dourada	79	0,43	Chapadão do Céu	0	0,00
Caldas Novas	52	0,27	Doverlândia	43	0,17
Cromínia	35	0,17	Jataí	62	0,25
Goiatuba	83	0,46	Maurilândia	89	0,41
Inaciolândia	86	0,44	Mineiros	31	0,12
Itumbiara	77	0,44	Montividiu	77	0,30
Joviânia	69	0,41	Palestina de Goiás	51	0,20
Mairipotaba	45	0,26	Perolândia	66	0,28
Marzagão	30	0,16	Portelândia	47	0,19
Morrinhos	51	0,27	Rio Verde	72	0,29
Panamá	73	0,42	Sta Helena de Goiás	88	0,38
Piracanjuba	78	0,36	Sta Rita do Araguaia	51	0,18
Pontalina	44	0,28	Sto Antônio da Barra	65	0,29
Porteirão	81	0,58	Serranópolis	4	0,01
Professor Jamil	24	0,11	-	-	-
Rio Quente	43	0,24	-	-	-
Vicentinópolis	79	0,60	-	-	-
Microrregião: Vale do Rio dos Bois			Microrregião: Quirinópolis		
Municípios	% AIC	ICDH	Municípios	% AIC	ICDH
Acreúna	67	0,46	Cachoeira Alta	69	0,32
Campestre de Goiás	32	0,24	Caçu	69	0,31
Cezarina	52	0,41	Gouvelândia	80	0,43
Edealina	64	0,51	Itajá	29	0,12
Edéia	71	0,58	Itarumã	43	0,18
Indiara	72	0,58	Lagoa Santa	20	0,08
Jandaia	62	0,50	Paranaiguara	64	0,35
Palmeiras de Goiás	74	0,59	Quirinópolis	76	0,41
Palminópolis	82	0,66	São Simão	65	0,33
Paraúna	71	0,35	-	-	-
São João da Paraúna	76	0,51	-	-	-
Turvelândia	81	0,52	-	-	-
Varjão	21	0,14	-	-	-

Nota: ICDH - Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica para a Atividade Canavieira em Sistema de Irrigação; % AIC – Percentual de área apta à cultura canavieira com sistema de irrigação compulsória



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

### CONCLUSÕES

Foi possível avaliar por meio do indicador proposto: ICDH: Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica, o potencial de disponibilidade hídrica de cada município estudado para o desenvolvimento sustentável da atividade canavieira em sistema de irrigação. O indicador apresentou-se capaz de responder a questão: *Quanto será necessário comprometer dos recursos hídricos disponíveis para atender a demanda hídrica da atividade canavieira na UTA considerada?* - demonstrando-se possuir, de modo satisfatório, relevância, rigor científico, suficiência, sensibilidade e comunicabilidade. O método de regionalização das vazões específicas para a estimativa da disponibilidade hídrica de cada município, assim como, o método de estimativa da demanda da atividade canavieira, demonstraram-se satisfatórios considerando a acurácia pretendida e a escala espacial adotada.

### AGRADECIMENTOS

A PPG-MA/ UERJ, COSTEL/Universidade de Rennes 2, Fr, Embrapa, CNPq

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS; ABRH, 2007. p. 177-241.
- EVANGELISTA B. A. **Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana-de-açúcar em ambiente de Cerrado.** 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UNICAMP. Campinas, SP, 2011.
- FERRAZ R P D. Sistema de indicadores para a avaliação do potencial de sustentabilidade hídrica e monitoramento da cultura da cana-de-açúcar: contribuição metodológica para o planejamento da expansão da atividade canavieira. TESE (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012
- SILVA F. A. M. da; MÜLLER A. G.; LIMA J. E. F. W.; SILVA E. M. da; MARIN F.; LOPES T. S. de S. Avaliação da oferta e demanda hídrica para o cultivo da cana-de-açúcar no Estado de Goiás. Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, 2. – Simpósio Nacional do Cerrado, 9. Anais... Brasília, DF, 2008.
- SOUSA, H. T.; PRUSKI, F. F.; BOF, L. H. N.; CECON, P. R.; SOUZA, J. R. C. **SisCAH 1.0:** Sistema computacional para análises hidrológicas. Brasília: Agência Nacional de Águas, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 60p.