



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



## **Avaliação das parametrizações para as cultivares de cana-de-açúcar RB92-579 e RB86-7515 do modelo CANEGRO-DSSAT para as condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul**

*João Marcelo H. de Souza<sup>1</sup>; Santiago Viana Cuadra<sup>2</sup>; Luciana Barros Pinto<sup>3</sup>; João Rodrigo Castro<sup>4</sup>; Renã Araujo<sup>5</sup>; Ivan Rodrigues de Almeida<sup>6</sup>; Sergio Delmar dos Anjos e Silva<sup>7</sup>*

<sup>1</sup> Meteorologista, Mestrando em Meteorologia, PPG em Meteorologia, UFPel, Pelotas – RS, jm.hoffmann@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Meteorologista, Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, santiago.cuadra@embrapa.br

<sup>3</sup> Meteorologista, Professora, PPG em Meteorologia, UFPel, Pelotas – RS, luciana.meteoro@gmail.com

<sup>4</sup> Meteorologista, Mestrando em Meteorologia, PPG em Meteorologia, UFPel, Pelotas – RS, joaorodrigo2005@gmail.com

<sup>5</sup> Meteorologista, Mestrando em Meteorologia, PPG em Meteorologia, UFPel, Pelotas – RS, rena543@gmail.com

<sup>6</sup> Geógrafo, Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, ivan.almeida@embrapa.br

<sup>7</sup> Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, sergio.anjos@embrapa.br

**RESUMO:** O modelo CANEGRO-DSSAT (CD) tem sido utilizado para simular o crescimento e estimar a produtividade de cana-de-açúcar nas regiões brasileiras Sudeste (SE), Centro Oeste (CO) e Nordeste (NE). Os coeficientes genéticos calibrados para as cultivares brasileiras RB92579 e RB867515 encontrados na literatura foram obtidos através de experimentos de campo realizados nessas regiões e podem, portanto, apresentar resultados incoerentes quando aplicados em regiões de clima distinto. O objetivo deste trabalho foi verificar o desempenho do modelo CD parametrizado para as cultivares RB92579 e RB867515 nas regiões SE, CO e NE do Brasil nas condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul (RS). Para avaliar a performance das parametrizações foram comparadas as simulações de massa seca do colmo ( $t\cdot ha^{-1}$ ) ao final de cada ciclo com dados experimentais. A performance do modelo foi analisada pelos indicadores estatísticos índice de concordância de Willmott (d), raiz quadrada do erro médio (RMSE), índice de desempenho (c) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os resultados mostram que todas as parametrizações utilizadas apresentaram baixo desempenho para o RS ( $c < 0,25$ ) com  $R^2$  variando entre 0,0002 e 0,23, RMSE entre 9,23 e 20,73  $t\cdot ha^{-1}$  e d entre 0,40 e 0,65. As parametrizações ajustadas para as regiões SE, CO e NE do Brasil apresentam significativa perda de desempenho quando aplicadas em simulações para as condições edafoclimáticas da região Sul do Brasil, justificando a derivação e verificação do desempenho do modelo com uma nova calibração e uso de coeficientes específicos ajustado para a região.

**PALAVRAS-CHAVE:** cana-de-açúcar, parametrização, CANEGRO-DSSAT .

## **EVALUATION OF PARAMETRIZATIONS FOR SUGARCANE CULTIVARS RB92-579 AND RB86-7515 FOR CANEGRO-DSSAT MODEL IN CLIMATIC CONDITIONS OF THE RIO GRANDE DO SUL STATE**

**ABSTRACT:** The CANEGRO-DSSAT model (CD) has been used to simulate the sugarcane growth and yield over the Southeastern (SE), Midwestern (MW) and Northeastern (NE) Brazilian regions. Genetics coefficients calibrated for Brazilian cultivars RB92579 and RB867515 found in the literature were obtained through field experiments conducted in those regions, which may result in inconsistent simulations when applied to regions with different climates. The objective of this study was to determine the performance of the CD model parameterized for the RB92579 and RB867515 sugarcane cultivars, calibrated for SE, MW and NE regions of Brazil, in the climatic conditions of the state of Rio Grande do Sul (RS). To evaluate the parameterizations performance we compared the simulated sugarcane yield, stalk dry mass ( $t\cdot ha^{-1}$ ) at the end of each cycle, with experimental data. The model performances were analyzed through the Willmott concordance index (d), the root mean square error (RMSE), performance

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

index (c) and coefficient of determination ( $R^2$ ) statistical indicators. The results show that all parameterizations tested present low performance for the RS ( $c < 0,25$ ), with  $R^2$  varying between 0,0002 and 0,23, RMSE between 9,23 and 20,73 t.ha<sup>-1</sup> and d between 0,40 and 0,65. The parameterizations derived for the SE, MW and NE regions of Brazil have significant loss of performance when applied to simulations for the climatic conditions of southern Brazil, justifying the derivation and verification of model performance with a new calibration and use of specific coefficients adjusted for the region.

**KEY WORDS:** sugarcane, parametrization, CANEGRO-DSSAT.

## **INTRODUÇÃO**

A utilização de modelos que simulam o crescimento de culturas agrícolas reduz o tempo e os recursos humanos necessários para a análise de decisões complexas, além de produzirem novos conhecimentos a serem aplicados em pesquisa através da investigação científica. O modelo Canegro/DSSAT (CD) (Inman-Bamber, 1991; Singels e Bezuidenhout, 2002) foi desenvolvido para simular o crescimento e estimar a produtividade para a cultura da cana-de-açúcar. O modelo simula o desenvolvimento do dossel, a absorção de radiação, o balanço hídrico e o acúmulo e particionamento de biomassa ao longo do ciclo da cultura. Utilizado em diversos países, no Brasil o CD foi aplicado nas regiões Sudeste (SE), Centro Oeste (CO) e Nordeste (NE). Os coeficientes genéticos calibrados para as cultivares brasileiras de cana-de-açúcar RB92579 (Silva, 2012; Barros et al., 2014) e RB867515 (Marin, 2014; Nassif et al., 2012) encontrados na literatura foram obtidos através de experimentos de campo conduzidos nessas regiões.

O crescimento da cana-de-açúcar está relacionado principalmente com cinco fatores (Rodrigues, 1995): temperatura do ar, radiação (quantidade e intensidade), concentração de CO<sub>2</sub>, disponibilidade de água e de nutrientes. O estado do Rio Grande do Sul (RS) difere significativamente em temperatura, radiação e chuva se comparado com os estados das regiões SE, CO e NE (Cavalcante et al. 2009) e, portanto, uma mesma cultivar pode apresentar características biométricas e duração de cada estágio fenológico diferentes entre esses locais. A calibração do modelo depende dessas características e, as simulações realizadas, utilizando parametrizações calibradas em outras regiões climáticas, podem apresentar resultados incoerentes quando aplicadas para o RS. O objetivo deste trabalho foi verificar o desempenho do modelo CD parametrizado para as cultivares RB92579 e RB867515 de cana-de-açúcar, para as regiões SE, CO e NE, nas condições de clima do RS.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram simuladas as produtividades (massa seca dos colmos, t.ha<sup>-1</sup>) ao final de cada ciclo em oito municípios do RS para a cultivar RB867515: Caxias do Sul, Erechim, Pelotas, Porto Xavier, Salto do Jacuí, Santa Rosa, São Borja e São Luiz Gonzaga. Para a cultivar RB92579 foram simuladas as produtividades em cinco municípios do RS: Pelotas, Porto Xavier, Salto do Jacuí, Santa Rosa e São Luiz Gonzaga. As simulações foram realizadas para os ciclos de cana-planta e cana-soca com data de plantio, de colheita específicos para cada um dos 42 experimentos de campo. O período de simulação corresponde às safras com plantio entre agosto de 2008 e setembro de 2013 para a cultivar RB867515 e, entre maio de 2010 e setembro de 2013 para a RB92579. No total foram considerados 31 ciclos para variedade RB867515 e 11 para a RB92579

O modelo CD foi executado utilizando dados meteorológicos de radiação, temperatura máxima e mínima do ar e precipitação total diária das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

(INMET). Para as simulações nos municípios de Caxias do Sul, Porto Xavier e Salto do Jacuí foram utilizadas as estações situadas em Bento Gonçalves, São Luiz Gonzaga e Santa Maria respectivamente. No restante, as estações situam-se no mesmo município da simulação.

As parametrizações encontradas na literatura foram estimadas para as regiões CO, NE e SE. A cultivar RB92579 foi parametrizada por Silva (2012) para o ciclo de cana-soca, a partir de dados de experimento conduzido no município de Juazeiro – BA. Barros et al. (2014) parametrizaram a cultivar RB92579 utilizando dados de experimento realizado em Rio Largo – AL, para cana-planta e cana-soca. Nassif et al. (2012) parametrizaram a cultivar RB867515 utilizando dados dos ciclos de cana-planta e cana-soca de experimentos nos municípios de Pradópolis – SP, e Piracicaba – SP. Marin (2014) parametrizou a cultivar RB867515 utilizando dados de experimentos conduzidos nos municípios de União – PI, Coruripe – AL, Aparecida do Taboado – MS, Colina – SP, Olímpia – SP, e Piracicaba – SP. A tabela 1 mostra os parâmetros de cultivar utilizados pelo CD e, os coeficientes genéticos utilizados nas parametrizações das cultivares. Além das parametrizações das cultivares citadas anteriormente, foi utilizada também, como referência, a parametrização padrão do CD para a cultivar NCo376.

O desempenho das parametrizações foi avaliado pelos indicadores estatísticos: índice de concordância de Willmott (d), raiz quadrada do erro médio (RMSE), índice de desempenho (c) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 1: Parametrizações utilizadas nas simulações. Descrição dos parâmetros em Singels et al. (2008).

<b>Parâmetro</b>	<b>Silva (2012) RB92579</b>	<b>Barros et al. (2014) RB92579</b>	<b>Nassif et al. (2012) RB867515</b>	<b>Marin (2014) RB867515</b>	<b>Padrão NCo376</b>
PARCEmax	10,8	13,5	12,86	11,1	9,9
APFMX	0,92	0,9	0,843	0,88	0,88
STKPFMAX	0,88	0,88	0,699	0,65	0,65
SUCA	0,57	0,57	0,68	0,58	0,58
TBFT	25	25	25	25	25
Tthlfo	286	230	250,8	250	250
TBase	14	14	15,71	16	16
LFMAX	8	8	9,96	10	12
MXLFAREA	796	680	500,2	546	360
MXLFARNO	22	14	17,19	18	15
PI1	109	65	89	89	69
PI2	117	179	150	107	169
PSWITCH	22	18	16,14	18	18
TTPLNTEM	428	615	300,4	408	428
TTRATNEM	620	203	290,9	203	203
CHUPIBASE	1050	533	855	547	1050
TT_POPGROWTH	628	789	650,4	628	600
MAX_POP	28	28	20,35	15	30
POPTT16	13,3	11	8,19	10	13,3
LG_AMBASE	220	220	220	220	220

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

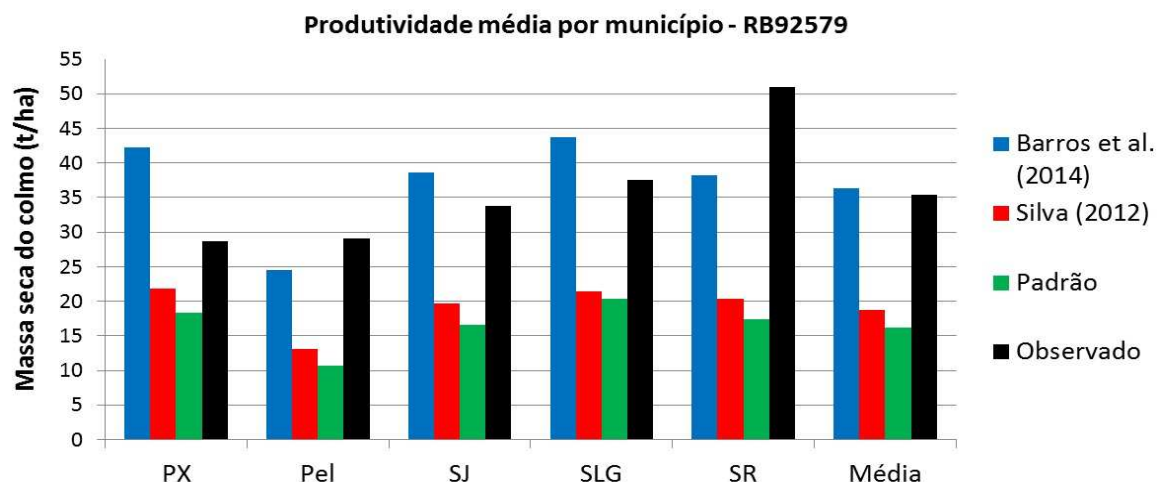
Ao todo foram realizadas 33 simulações para a cultivar RB92579, 11 para cada uma das três parametrizações testadas, e 93 para a cultivar RB867515, 31 para cada parametrização. As figuras 1 e 2

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

mostram as produtividades médias simuladas e observadas em cada município para as cultivares RB92578 e RB867515, respectivamente. A qualidade das parametrizações, de acordo com os índices estatísticos utilizados, é mostrada na tabela 2.

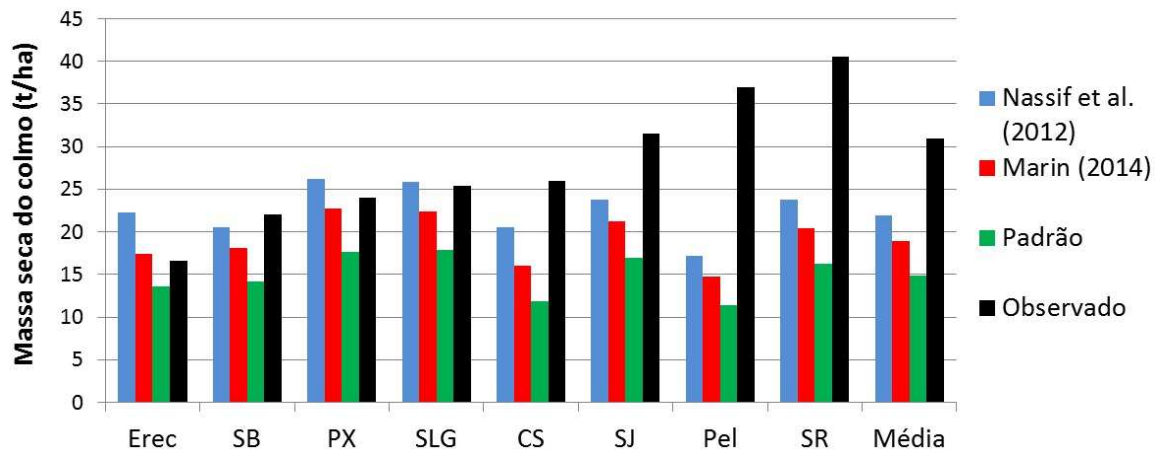
A parametrização de Barros et al. (2014) superestimou o peso seco dos colmos em 6 das 11 simulações realizadas para a cultivar RB92579, distribuídas entre os municípios Porto Xavier, Salto do Jacuí e São Luiz Gonzaga (Figura 1). Já as parametrizações de Silva (2012) e a Padrão obtiveram estimativas aproximadas, porem muito abaixo do que foi observado em campo. Considerando a média das massas secas dos colmos em todos os municípios simulados para esta cultivar, a parametrização de Barros et al. (2014) apresentou bom resultado comparado com a média dos valores observados, enquanto que as outras duas parametrizações apresentaram média de aproximadamente a metade da média dos valores observados (4 últimas colunas na figura 1). Os índices estatísticos mostraram que todas as calibrações obtiveram baixo desempenho nas estimativas (Tabela 2). Apesar de apresentar maior desvio padrão ( $8,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), os melhores resultados de acordo com os outros índices foram obtidos para a parametrização de Barros et al. (2014),  $\text{RMSE}=9,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $d=0,65$ ,  $R^2=0,15$  e  $c=0,25$ .

Para a cultivar RB867515, a parametrização de Nassif et al. (2012) superestimou em 9 simulações, enquanto que a apresentada por Marin (2014) e a Padrão superestimaram em 6 e 1 simulações, respectivamente. Nos municípios de Caxias do Sul, Pelotas e Santa Rosa a produtividade foi subestimada em todas as simulações para esta cultivar. Os resultados mostram que em Porto Xavier, São Borja e São Luiz Gonzaga tanto as simulações com os coeficientes reportados por Nassif et al. (2012) quanto por Marin (2014) apresentaram estimativas de produtividade aproximadas com o observado em campo (Figura 2). As simulações de Porto Xavier e São Luiz Gonzaga foram realizadas com os dados da mesma estação meteorológica, diferindo apenas na data de plantio e colheita, o que pode explicar a semelhança dos resultados simulados. Os municípios de Pelotas, Salto do Jacuí e Santa Rosa apresentaram valores relativamente altos de produtividade nos experimentos à campo, padrão não reproduzido pelo CD com as três parametrizações. Em Caxias do Sul as três parametrizações apresentaram baixo desempenho. Em Erechim a parametrização de Marin (2014) obteve os melhores resultados. Considerando todas as simulações em todos os municípios, os resultados mostram que as médias nas três parametrizações ficaram bem abaixo que a média observada a campo (4 últimas colunas na figura 2).



**Figura 1.** Médias, por município, da massa seca dos colmos para cultivar RB92579, observadas (preto) e simuladas pelo modelo Canegro/DSSAT utilizando as parametrizações reportados por Barros et al. (2014), Silva (2012) e Padrão (NCo376) para os municípios de: Pelotas (Pel), Porto Xavier (PX), Salto do Jacuí (SJ), Santa Rosa (SR) e São Luiz Gonzaga (SLG). Média total da massa seca dos colmos observada e simulada (Média).





**Figura 2.** Médias, por município, da massa seca dos colmos para cultivar RB867515, observadas (preto) e simuladas pelo modelo Canegro/DSSAT utilizando as parametrizações reportadas por Nassif et al. (2012), Marin (2014), e Padrão (NCo376) para os municípios de: Pelotas (Pel), Porto Xavier (PX), Salto do Jacuí (SJ), Santa Rosa (SR), São Borja (SB), São Luiz Gonzaga (SLG), Caxias do Sul (CS) e Erechim (Erec). Média total da massa seca dos colmos observada e simulada (Média).

Nas três parametrizações utilizadas para simular a cultivar RB867515 os índices estatísticos (Tabela 2) mostram que o desempenho do CD foi muito baixo. Parte desse resultado está relacionado principalmente com a diferença entre o que foi simulado e o que foi observado nos municípios de Pelotas, Salto do Jacuí e Santa Rosa.

**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos obtidos das comparações entre as simulações e observações para a massa seca dos colmos, para as parametrizações das cultivares RB92579 e RB867515 testadas através de 11 e 31 experimentos de campo, respectivamente.

Cultivar	Parametrização	Desvio padrão	RMSE	d	R <sup>2</sup>	c
RB92579	Barros et al. (2014)	8,01	9,23	0,65	0,15	0,25
	Silva (2012)	4,41	18,40	0,47	0,21	0,22
	Padrão	3,97	20,73	0,44	0,23	0,21
RB867515	Marin (2014)	4,03	16,72	0,43	0,0063	0,034
	Nassif et al. (2012)	4,60	14,99	0,40	0,0117	0,043
	Padrão	3,60	19,62	0,43	0,0002	0,006

## CONCLUSÕES

No geral, as parametrizações apresentaram estimativas de produtividade com diferença significativa dos valores observados em campo, como sumarizado pelos valores baixos dos índices estatísticos. Os resultados indicam que as parametrizações ajustadas para as regiões CO, SE e NE do Brasil apresentam significativa perda de desempenho quando aplicadas na região Sul. Uma alternativa é modificar os parâmetros relacionados às cultivares utilizados pelo CD, o que implica em readequar os coeficientes genéticos para o novo ambiente de produção de modo que as simulações sejam mais representativas dos valores observados em campo. Assim, conclui-se que é necessário testar uma nova parametrização e avaliar se tal ajuste resultará em simular o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar mais próximo dos valores observados para as condições edafo-climáticas do RS.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, A. C. et al., 2014 Parametrização do modelo DSSAT/CANEGRO com 4 variedades de cana-de-açúcar no estado de Alagoas. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. Anais... Fortaleza: INOVAGRI, 2014.
- CAVALCANTI, I. F. de A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.
- INMAN-BAMBER, N. G., A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and the CERES Maize water balance. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 8, n. 2, p. 93-99, 1991.
- MARIN, F. R. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos**. 2014. 263p. Tese de livre docência - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 2014
- NASSIF, D. S. P. et al. Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/Canegro para variedades brasileiras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 3, p. 311-318, 2012.
- RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP. 1995. 101 p.
- SILVA, R. F. da. **Calibração do modelo dssat/canegro para a cana-de-açúcar e seu uso para a avaliação do impacto das mudanças climáticas**. 2012. 67p. Dissertação (Mestre em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG. 2012.
- SINGELS, A.; BEZUIDENHOUT, C. N. A new method of simulating dry matter partitioning in the Canegro sugarcane model. **Field Crops Research**, v. 78, p. 151-164. 2002
- SINGELS, A. et al. **DSSAT v4.5-Canegro Sugarcane Plant Module: Scientific Documentation**. Mount Edgecombe: International Consortium for Sugarcane Modelling, South African Sugarcane Research Institute. 2008. 34p.