

## **SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL, UTILIZANDO O MODELO DSSAT**

**ANTHONY WELLINGTON ALMEIDA GOMES<sup>1</sup>; JOÃO CARLOS CURY SAAD<sup>2</sup>;  
ALLAN CUNHA BARROS<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Pós doutorando, programa de Pós Graduação em Agronomia, UNESP/ Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Engenharia Rural, Fazenda Lageado, rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307 – Botucatu, SP, awagomes@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Livre Docente, UNESP/Faculdade de Ciências Agrônômicas -Campus de Botucatu, Departamento de Engenharia Rural, Fazenda Lageado, rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307 – Botucatu, SP, joosaad@fca.unesp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Curso agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Av. Manoel Severiano Barbosa, s/n. Arapiraca – AL. e-mail: allan-cunha@hotmail.com

### **1 RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi simular a produtividade potencial de colmo e de açúcar da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Nordeste (Petrolina-PE e Teresina-PI), analisando quatro variedades em diferentes épocas de plantio, em dois ambientes: sequeiro e irrigado. O modelo de simulação adotado foi o DSSAT/CANEGRO (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) e as quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas foram: RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20 (todas em ciclo de 1,5 ano). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Recomenda-se o plantio em março para Teresina, PI. Em Petrolina, PE, o plantio em sequeiro não é indicado devido ao déficit hídrico prolongado por todo o ano. Em ambiente irrigado, não houve diferença da produtividade de colmo em função da época de plantio, para todas as variedades nas regiões avaliadas. As produtividades de colmos e de açúcar foram sempre maiores no ambiente irrigado quando comparado com o de sequeiro, em todas as localidades e em todas as variedades avaliadas. O modelo de simulação gerou boa estimativa da produtividade de colmos e de açúcar quando comparado aos dados experimentais de Teresina, PI.

**Palavras - chave:** Modelagem, Irrigação, Rendimento, Açúcar.

**GOMES, A. W. A; SAAD, J. C. C; BARROS, A. C.  
SIMULATION OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* L.) PRODUCTIVITY IN  
THE NORTHEASTERN BRAZIL BY THE DSSAT MODEL.**

### **2 ABSTRACT**

The objective of this study was to simulate the potential stem and sugar yield of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) in the Northeastern Brazil (Petrolina-PE and Teresina-PI) and analyze 4 varieties in different planting seasons in two environments: irrigated and rainfed cultivars. The model of simulation was DSSAT/CANEGRO (Decision Support System for

Agrotechnology Transfer) and the four sugar cane varieties were as follows: RB86 7515, CTC 4, CTC 7 and CTC 20 (all in 1.5 year cycle). Analysis of variance was performed on the results and means were compared using the Tukey test with probability level at 5%. March is the recommended month for planting in Teresina, PI. In Petrolina, PE, rainfed planting is not advisable because of the extended water deficit all year long. In an irrigated environment, no difference was found concerning stem yield as a function of planting season, for all varieties in the study regions. The stem and sugar yields were always higher in irrigated environment as compared with those in rainfed environment in all municipalities and study varieties. The simulation model provided good estimate of stem and sugar yields as compared with experimental data in Teresina, PI.

**Keywords:** modeling, irrigation, yield, sugar

### 3 INTRODUÇÃO

A diversidade de clima e de solo no Brasil constitui característica que favoreceu o cultivo da cana-de-açúcar, tornando-a uma das principais culturas do país e alicerçando a economia nacional até os dias de hoje.

Estima-se que a cultura da cana-de-açúcar ocupe, no Brasil, aproximadamente 8,5 milhões de hectares, com previsão de produção em torno de 596,63 milhões de toneladas de colmos, na safra de 2012/2013. Os principais produtos gerados são o açúcar, com aproximadamente 38,99 milhões de toneladas, e o álcool, com cerca de 23,49 bilhões de litros (CONAB, 2012). O setor sucroalcooleiro é de grande relevância também no contexto socioeconômico do País.

A agricultura empresarial caracteriza-se pela utilização de insumos e de práticas que visam a aumentar a produtividade, a assegurar a produção com qualidade, além de conservar o solo e os recursos hídricos.

A adoção da prática de irrigação vem-se tornando mais e mais frequente, com o intuito de aumentar a produtividade dos canaviais, principalmente os localizados na região Nordeste, área de históricos baixos índices pluviométricos. Nesse contexto, é de vital importância utilizar modelos matemáticos, para simular a produtividade e avaliar o potencial do uso da irrigação e a variedade que melhor se adapte à região estudada.

Os modelos possibilitam prever situações futuras, embasando decisões que podem resultar em menores custos e maiores produtividades e tornar o plantio de determinada cultura economicamente viável para o produtor (HAMID e ABDULLAH, 2008).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de simular a produtividade potencial de colmo e de açúcar da cultura de cana-de-açúcar na região Nordeste (Petrolina e Teresina), em diferentes épocas de plantio e em dois ambientes: sequeiro e irrigado, utilizando o modelo DSSAT /CANEGRO.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se a metodologia adotada por Barros (2012) para simular quatro diferentes épocas de plantio, por região: 15 de janeiro (Dia Juliano 15), 15 de março (Dia Juliano 74), 15 de setembro (Dia Juliano 258) e 15 de novembro (Dia Juliano 319). A partir de cada época de plantio estudada, levou-se em consideração o tempo de 18 meses (cana de ano e meio – 1,5

ano) entre o plantio e a colheita das variedades. Nas simulações utilizaram-se dois ambientes, um sem irrigação (sequeiro) e outro com irrigação (irrigado). Para a simulação, utilizou-se um período de 15 anos de dados meteorológicos das regiões estudadas.

A irrigação é calculada automaticamente pelo modelo: quando a umidade atinge o nível crítico, aplica-se a lâmina necessária para restabelecer a condição de capacidade de campo. O método de irrigação foi o de aspersão, a profundidade de manejo adotada, de 0,7 m. Os períodos de plantio e de colheita para a produtividade de cana-de-açúcar durante 1,5 ano são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Períodos de plantio e de colheita, durante 1,5 ano.

Meses	Plantio	Colheita
Janeiro	15/01	15/06
Março	15/03	15/08
Setembro	15/09	15/02
Novembro	15/11	15/04

Para a discussão dos dados, usaram-se as nomenclaturas: janeiro, março, setembro e novembro, para nomear as épocas de plantio. Para os ambientes, os mesmos foram denominados, sequeiro sem irrigação e irrigado para o ambiente com irrigação. As variedades, com os seus próprios nomes: RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20. Já na seção onde constam os gráficos, estão representados da seguinte forma: (JAN/S, MAR/S, SET/S, NOV/S), representando cada mês no ambiente sequeiro e (JAN/I, MAR/I, SET/I, NOV/I), representando cada mês no ambiente irrigado. Para representar cada mês, usou-se cor: azul para janeiro; verde para março; vermelho para setembro e preto, para novembro. Assim, no eixo (y) está plotada a produtividade de cana-de-açúcar em  $Mg.ha^{-1}$ , enquanto no eixo (x), os dias após o plantio, segundo o calendário juliano.

Submeteram-se os dados resultantes das simulações à análise de variância, realizando-se um fatorial triplo ( $2 \times 4 \times 4$ ), totalizando 32 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado. O primeiro fator foi o conjunto de tratamentos caracterizado pelos ambientes: *i*) sem irrigação (sequeiro); *ii*) com irrigação (irrigado). O segundo fator, o conjunto época de plantio: *i*) janeiro; *ii*) março; *iii*) setembro; *iv*) novembro. O terceiro fator, o conjunto das variedades: *i*) RB86 7515; *ii*) CTC 4; *iii*) CTC 7; *iv*) CTC 20. A avaliação foi feita com o auxílio do software SISVAR, aplicando-se o teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade para as variáveis produtividade de colmo e produtividade de açúcar. Procedeu-se também a uma análise baseada nas medidas de tendência central e de variabilidade dos dados da simulação (máximo, mínimo, média e coeficiente de variação).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado um diagnóstico inicial das condições médias e extremas das variáveis meteorológicas, apresentadas na Tabela 2a, caracterizando-se a região de Petrolina como de baixa precipitação durante todo o ano; de fato, a precipitação média mensal só atinge valores maiores nos meses de janeiro, fevereiro e março, ficando o valor médio de precipitação anual próximo a 607,60 mm, com média mensal de 50,63 mm. As temperaturas máximas apresentaram-se superiores a 30°C, na maior parte do ano, mostrando-se os meses de outubro e novembro os mais quentes da região, enquanto julho, o mais frio.

Já Teresina (Tabela 2b) apresentou, nesses 15 anos, uma precipitação média anual de 1.362,31 mm, com média mensal de 113,53 mm, sua maior parte distribuída nos meses de

dezembro a maio, com temperaturas que superaram os 31°C durante todo o ano, sendo o mês de outubro o mais quente, chegando à temperatura de 35,67°C, enquanto junho e julho, os mais frios. Em ambas as regiões, a radiação oscilou de 16 a 22 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 2a.** Média dos dados climatológicos das estações da região de Petrolina – PE em 15 anos.

Petrolina -PE	Tmáxima*	Tmínima*	Precipitação*	Radiação*
Janeiro	31,56	22,64	193,3	18,76
Fevereiro	32,12	22,54	92,21	20,68
Março	32,01	22,65	109,6	19,64
Abril	31,17	22,1	56,44	17,8
Maio	30,28	21,14	25,51	17,03
Junho	29,44	19,78	6,07	16,13
Julho	29,21	18,93	4,15	16,78
Agosto	30,36	18,87	1,85	19,22
Setembro	32,02	20,26	4,73	21,38
Outubro	33,41	21,57	2,79	22,62
Novembro	33,46	22,19	57,01	22,63
Dezembro	32,47	22,1	53,94	21,66

**Tabela 2b.** Média dos dados climatológicos das estações da região de Teresina - PI em 15 anos.

Teresina - PI	Tmáxima*	Tmínima*	Precipitação*	Radiação*
Janeiro	31,65	22,69	254,29	17,52
Fevereiro	32,38	22,54	218,76	19,25
Março	31,97	22,6	301,63	18,5
Abril	31,82	22,59	225,02	17,3
Maio	31,8	22,37	96,75	16,12
Junho	32,36	21,12	11,1	16,76
Julho	32,99	20,13	6,16	18,31
Agosto	34,47	19,95	8,37	20,91
Setembro	35,58	21,77	8,1	21,81
Outubro	35,67	23,05	25,41	21,5
Novembro	34,83	23,47	65,99	20,28
Dezembro	33,25	23,08	140,73	19,08

\*Tmáxima e Tmínima - Temperatura máxima e Temperatura mínima - (°C)

\*Precipitação - (mm)

\*Radiação - (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>)

### **Análise de produtividade da região de Teresina-PI**

Na Tabela 3, apresentam-se os valores máximos, mínimos e médios da produtividade de colmo e de açúcar da cana, obtidos por simulação, utilizando o modelo DSSAT, para a região de Teresina – PI.

De acordo com a análise dos dados, observou-se que o plantio de sequeiro, realizado em diferentes épocas de plantio, apresentou coeficiente de variação (CV) para a produtividade de colmos nas faixas de 4,55 a 11,17%; de 4,62 a 11,64%; de 4,88 a 9,92% e de 3,61 a 8,90%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Para o plantio irrigado, os CV's variaram de 0,71 a 1,62%; de 1,14 a 3,68%; de 1,47 a 4,61% e de 0,70 a 1,89%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente.

No ambiente sequeiro, ficou claro que a produtividade depende da distribuição das chuvas, a qual varia em certo período de maio e se estende a dezembro, gerando períodos de

déficit hídrico que podem interferir na produtividade. No ambiente irrigado, os CV's obtidos foram menores, devido ao fornecimento adequado de água para as plantas.

Para a produção de açúcar no ambiente de sequeiro, os coeficientes de variação apresentaram-se nas faixas de 8,31 a 18,34%; de 9,77 a 16,63%; de 9,04 a 18,56% e de 6,18 a 16,07%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Em estudo realizado por Barbosa (2005), em condições experimentais em áreas irrigadas e de sequeiro, com a cultura da cana-de-açúcar, foi observado que a produtividade do experimento irrigado foi aproximadamente 29% superior a do experimento de sequeiro.

Para o ambiente irrigado, os CV's variaram de 5,51 a 8,02%; de 5,89 a 8,78%; de 4,36 a 8,52%; de 2,97 a 5,56%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Os CV's foram menores também para a produtividade de açúcar, quando comparada com a do ambiente em sequeiro, demonstrando que o uso da irrigação diminui o coeficiente de variação para a região de Teresina – PI.

**Tabela 3.** Produtividade de colmos de cana-de-açúcar e de açúcar, para a região de Teresina - PI, Brasil, após a simulação no modelo DSSAT.

TERESINA									
Mg.Colmos.ha <sup>-1</sup> para 1,5 ano de plantio									
Variedades		*JAN		*MAR		*SET		*NOV	
		**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR
RB86 7515	<b>Máxima</b>	139,69	149,39	139,37	150,02	139,12	147,69	130,91	147,19
	<b>Mínima</b>	95,37	141,40	118,71	147,12	118,12	139,96	109,39	137,34
	<b>Média</b>	120,02	146,27	129,75	148,44	128,21	144,58	118,53	143,29
	<b>CV (%)</b>	11,17	1,62	5,12	0,71	4,55	1,62	5,52	2,12
CTC 4	<b>Máxima</b>	137,37	148,40	141,56	149,76	140,39	146,10	133,82	147,71
	<b>Mínima</b>	92,70	132,67	120,49	144,37	118,98	138,48	110,24	130,80
	<b>Média</b>	121,10	143,71	130,30	147,37	129,48	143,26	120,65	140,84
	<b>CV (%)</b>	11,64	3,68	5,28	1,14	4,62	1,56	5,66	3,56
CTC 7	<b>Máxima</b>	136,32	145,88	135,80	146,87	134,14	142,77	128,58	145,32
	<b>Mínima</b>	97,16	129,54	116,87	140,44	112,97	132,70	104,08	125,28
	<b>Média</b>	117,67	140,60	124,61	144,01	122,31	139,33	115,40	136,61
	<b>CV (%)</b>	9,92	4,12	5,08	1,47	4,88	2,15	6,80	4,61
CTC 20	<b>Máxima</b>	145,33	151,17	144,96	151,61	143,24	149,81	141,15	150,61
	<b>Mínima</b>	111,20	145,43	129,64	148,93	125,24	143,17	116,03	141,72
	<b>Média</b>	132,64	149,02	137,76	150,22	134,34	146,67	129,69	146,54
	<b>CV (%)</b>	8,90	1,34	3,61	0,70	3,76	1,28	7,23	1,89
Mg.Açúcar.ha <sup>-1</sup> para 1,5 ano de plantio									
Variedades		JAN		MAR		SET		NOV	
		SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
RB86 7515	<b>Máxima</b>	14,07	16,43	14,34	16,07	14,70	18,94	12,96	18,64
	<b>Mínima</b>	7,32	13,15	9,33	13,15	11,44	14,32	9,60	15,21
	<b>Média</b>	10,89	14,86	12,37	14,99	13,00	16,38	11,27	16,41
	<b>CV (%)</b>	18,34	6,41	12,52	5,51	8,31	8,02	8,95	5,85
CTC 4	<b>Máxima</b>	13,62	17,47	15,00	17,39	14,92	18,16	13,67	17,95
	<b>Mínima</b>	8,16	13,26	9,29	14,24	10,86	14,05	10,18	15,14
	<b>Média</b>	11,60	15,98	12,61	15,97	13,18	16,09	11,83	16,60
	<b>CV (%)</b>	16,63	8,78	13,59	6,09	9,77	7,32	9,83	5,89
	<b>Máxima</b>	16,27	18,56	16,83	18,88	16,65	19,93	15,07	19,24

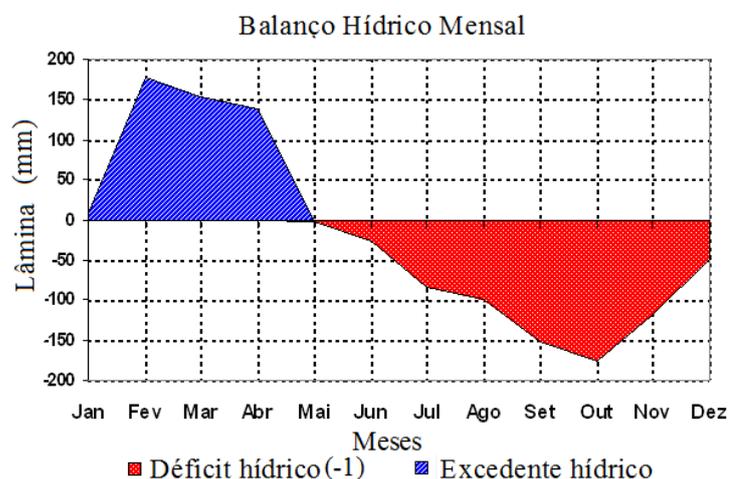
CTC 7	<b>Mínima</b>	8,43	14,36	11,48	16,32	12,19	16,83	10,84	16,53
	<b>Média</b>	12,80	17,51	14,30	17,96	14,44	18,42	13,02	18,05
	<b>CV (%)</b>	18,56	8,52	11,35	4,36	9,04	4,84	10,35	5,21
CTC 20	<b>Máxima</b>	18,28	20,74	19,60	19,73	18,60	21,83	18,16	22,23
	<b>Mínima</b>	10,71	16,79	14,98	17,92	15,38	17,75	13,28	19,12
	<b>Média</b>	15,87	19,33	17,28	19,20	17,19	19,92	16,22	20,60
	<b>CV (%)</b>	16,07	5,56	7,85	2,97	6,18	5,55	8,64	4,34

\*Época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

A variação de produtividade de colmos entre o ambiente irrigado e o de sequeiro foi de 12,77 a 21,87% de 10,64 a 18,67%, de 13,91 a 19,49% e de 9,04 a 13,00%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente.

Na Figura 1, apresenta-se o balanço hídrico para a região de Teresina – PI, que apresentou um período de déficit hídrico de maio a dezembro, indicando que os plantios realizados em setembro e em novembro, sem irrigação, teriam maior dificuldade de germinação.



**Figura 1.** Balanço hídrico da região de Teresina – PI. (Modificado de EMBRAPA, 2003).

Na Tabela 4, apresenta-se a análise estatística das produtividades de colmo para a região de Teresina-PI. Ao comparar a produtividade entre o ambiente irrigado e o de sequeiro, para todas as variedades e épocas de plantio, observou-se que os maiores incrementos de produtividade ocorreram no plantio em janeiro, enquanto os menores valores, para o plantio em setembro. Observou-se também que as maiores produtividades de colmos ocorreram para o plantio em setembro, em todas as variedades estudadas. O resultado obtido indicou que o plantio em janeiro, por ter passado pelas condições climáticas menos favoráveis ao desenvolvimento da cana, resultou em maiores respostas à irrigação. O plantio em setembro apresentou as maiores produtividades e a menor variação de produtividade em relação ao sequeiro, sendo a melhor época de plantio para os ambientes analisados.

As maiores produções de colmos são apresentadas nos plantios de março e de setembro, sem diferença estatística entre eles; as menores médias de produtividade de colmos foram apresentadas nos plantios de novembro e de janeiro, sem diferença estatística entre elas. Por sua vez, março e setembro diferiram de janeiro e de novembro. Esse comportamento foi observado em todas as variedades analisadas para o sistema de cultivo em sequeiro.

**Tabela 4.** Análise estatística da produtividade de colmo para a região de Teresina - PI, Brasil, após a simulação no modelo DSSAT e a porcentagem em relação aos ambientes.

TERESINA												
Variedades \ Ambientes												
Mg. Colmos.ha <sup>-1</sup>												
	RB 86 7515			CTC 4			CTC 7			CTC 20		
*Meses	**SEQ	**IRR	%	**SEQ	**IRR	%	**SEQ	**IRR	%	**SEQ	**IRR	%
JAN	120,02bB	146,27aA	22	121,10bB	143,71aA	19	117,67abB	140,60abA	19	132,64abB	149,02aA	12
MAR	129,75aB	148,44aA	14	130,30aB	147,37aA	13	124,61aB	144,01aA	16	137,76aB	150,22aA	9
SET	128,21aB	144,58aA	13	129,48aB	143,26aA	11	122,31aB	139,33abA	14	134,34abB	146,67aA	9
NOV	118,53bB	143,29aA	21	120,65bB	140,84aA	17	115,40bB	136,61bA	18	129,69bB	146,54aA	13

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha somente para uma variedade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*Meses= época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

Para o ambiente irrigado, não se observou diferença significativa entre as épocas de plantio, para as variedades RB86 7515, CTC 4 e CTC 20, havendo diferença entre as épocas apenas para a variedade CTC 7, com o plantio em março resultando em maior produtividade de colmos que o plantio em novembro.

Para as produtividades médias de açúcar, em sistema de plantio em sequeiro, as variedades apresentaram diferenças significativas (Tabela 5). Para a variedade RB86-7515, as épocas de plantio setembro, março e novembro não diferiram entre si, inclusive no fato de todas serem superiores a janeiro. Nas variedades CTC 4, CTC 7 e CTC 20, o plantio em setembro gerou maior produtividade de açúcar que em janeiro.

Para o sistema de cultivo irrigado, observou-se que a variedade RB86-7515 apresentou diferença significativa entre o plantio em setembro e em novembro em relação a janeiro. As variedades CTC 4, CTC 7 e CTC 20 não apresentaram diferenças estatísticas entre elas.

**Tabela 5.** Análise estatística da produtividade de açúcar para a região de Teresina - PI, Brasil, após a simulação no modelo DSSAT.

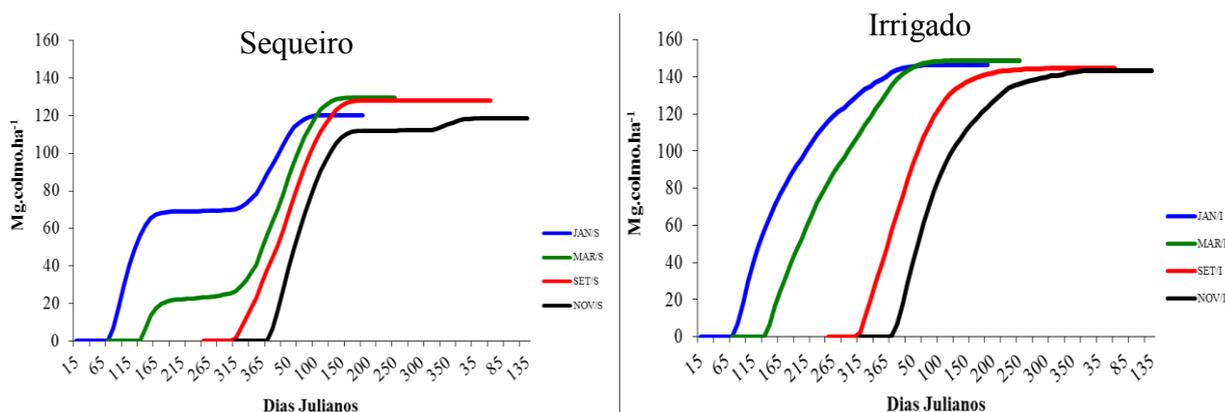
TERESINA								
Variedades \ Ambientes								
Mg. Açúcar.ha <sup>-1</sup>								
	RB 86 7515		CTC 4		CTC 7		CTC 20	
*Meses	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR
JAN	10,89 cB	14,86 bA	11,60 bB	15,98 aA	12,80 bB	17,51 aA	15,87 bB	19,33 aA
MAR	12,37 bB	14,99abA	12,61abB	15,97 aA	14,30abB	17,96 aA	17,28 aB	19,20 aA
SET	13,00 aB	16,38 aA	13,18 aB	16,09 aA	14,44 aB	18,42 aA	17,19abB	19,92 aA
NOV	11,27bcB	16,41 aA	11,83abB	16,60 aA	13,02abB	18,05 aA	16,22abB	20,60 aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha somente para uma variedade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a de 5% probabilidade.

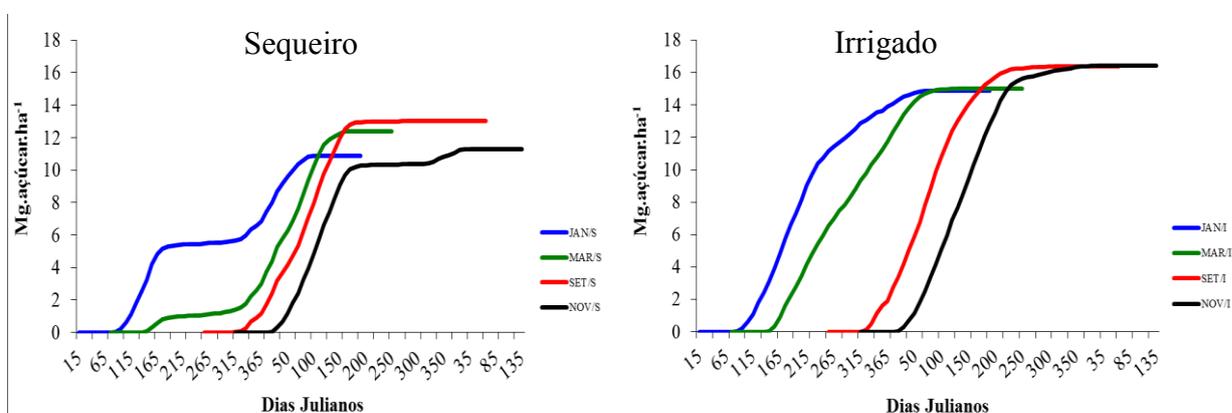
\*Meses= época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

Nas figuras 2 e 3, apresentam-se as curvas da produtividade média de colmo e de açúcar por hectare, para a variedade RB 86 7515, em ambiente de sequeiro e irrigado, para o plantio de ano e meio na região de Teresina - PI.



**Figura 2.** Curva de produtividade de colmo em  $\text{Mg.ha}^{-1}$ , para a variedade RB 86 7515, em ambiente de sequeiro e irrigado, para a região de Teresina – PI, no período de 1,5 ano.



**Figura 3.** Curva de produtividade de açúcar em  $\text{Mg.ha}^{-1}$ , para a variedade RB 86 7515, em ambiente de sequeiro e irrigado, para a região de Teresina – PI, no período de 1,5 ano.

### Análise de produtividade da região de Petrolina – PE

Na Tabela 6, apresentam-se os valores máximos, mínimos e médios da produtividade de colmo e de açúcar da cana, obtidos por simulação, utilizando o modelo DSSAT, para a região de Petrolina - PE.

Observou-se, através das análises, que o plantio de sequeiro, realizado em diferentes épocas de plantio, apresentou coeficiente de variação (CV) para a produtividade de colmos nas faixas de 17,21 a 20,12%; de 17,39 a 22,52%; de 16,80 a 21,88% e de 17,86 a 25,24%, para as variedades RB 867515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Para o plantio em ambiente irrigado, os CV's variaram de 2,44 a 5,51%; de 3,21 a 10,22%; de 4,24 a 11,49% e de 2,47 a 7,52%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Por se tratar de uma região situada no semiárido nordestino, a ocorrência de chuva é restrita a um período do ano e o total anual de precipitação é insuficiente, gerando déficit hídrico, com grande impacto sobre produtividade.

Para a produção de açúcar no ambiente de sequeiro, os coeficientes de variação foram de 26,79 a 31,05%; de 27,62 a 32,97%; de 26,13 a 32,04% e de 24,93 a 33,80%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Para o ambiente irrigado, os CV's variaram de 7,30 a 10,59%; de 9,58 a 8,26%; de 8,41 a 20,73% e de 7,40 a 12,3%,

para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente. Fato semelhante ocorreu com a produtividade de colmo, em que se verificaram os menores CV's no ambiente irrigado.

A variação de produtividade de colmos entre o ambiente irrigado e o de sequeiro esteve entre 85,43 e 95,73%, 78,86 e 91,23%, 79,79 e 93,13% e 72,42 e 87,70%, para as variedades RB86 7515, CTC 4, CTC 7 e CTC 20, respectivamente.

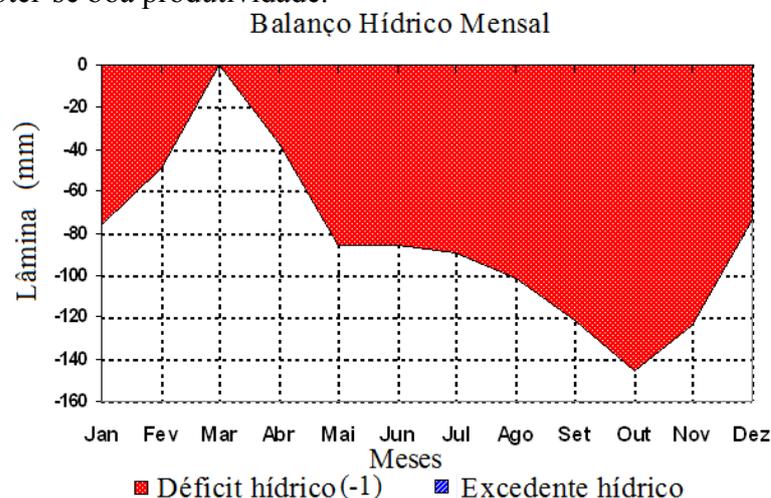
**Tabela 6.** Produtividade de colmos de cana-de-açúcar e de açúcar, para a região de Petrolina - PE, Brasil, após a simulação no modelo DSSAT.

PETROLINA									
Mg.Colmos.ha <sup>-1</sup> para 1,5 ano de plantio									
Variedades		*JAN		*MAR		*SET		*NOV	
		**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR
RB86 7515	<b>Máxima</b>	95,78	155,30	96,74	153,95	97,62	154,22	92,94	151,44
	<b>Mínima</b>	46,39	136,06	55,27	141,64	51,59	122,32	52,01	132,13
	<b>Média</b>	78,48	146,25	75,18	147,15	75,17	139,39	74,12	142,96
	<b>CV (%)</b>	17,99	3,43	17,21	2,44	19,66	5,51	20,12	3,45
CTC 4	<b>Máxima</b>	98,37	150,10	96,03	149,95	94,34	149,10	98,60	148,86
	<b>Mínima</b>	46,40	116,36	57,23	133,13	51,85	109,37	50,80	121,85
	<b>Média</b>	78,19	139,85	74,97	143,37	70,76	128,14	73,03	135,08
	<b>CV (%)</b>	17,94	6,72	17,39	3,21	22,38	10,22	22,52	6,00
CTC 7	<b>Máxima</b>	93,97	147,91	92,08	148,40	90,98	147,81	94,74	146,10
	<b>Mínima</b>	44,46	107,58	54,65	126,27	49,30	102,97	50,53	114,06
	<b>Média</b>	75,66	136,03	72,36	139,78	67,71	122,89	71,64	131,19
	<b>CV (%)</b>	18,69	8,54	16,80	4,24	21,88	11,49	21,44	7,76
CTC 20	<b>Máxima</b>	104,27	153,64	103,01	156,89	110,99	153,76	115,59	153,22
	<b>Mínima</b>	49,91	129,87	56,84	143,50	56,84	120,66	55,56	130,42
	<b>Média</b>	85,10	146,73	79,29	148,83	78,64	137,14	83,46	144,14
	<b>CV (%)</b>	17,72	4,20	17,86	2,47	25,24	7,52	23,59	3,82
Mg.Açúcar.ha <sup>-1</sup> para 1,5 ano de plantio									
Variedades		JAN		MAR		SET		NOV	
		SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
RB86 7515	<b>Máxima</b>	14,72	21,65	11,77	19,44	13,41	21,02	11,03	21,77
	<b>Mínima</b>	4,28	14,69	3,48	15,01	5,43	14,93	5,57	15,53
	<b>Média</b>	8,88	18,35	8,36	17,24	8,38	18,22	7,85	19,06
	<b>CV (%)</b>	31,05	10,59	29,12	7,30	28,55	9,64	26,79	9,82
CTC 4	<b>Máxima</b>	15,94	22,04	12,34	22,44	14,38	23,06	12,32	22,55
	<b>Mínima</b>	4,48	13,56	3,80	14,90	5,59	12,98	5,66	14,16
	<b>Média</b>	9,39	19,10	8,93	18,76	8,49	17,46	8,39	18,72
	<b>CV (%)</b>	31,27	12,11	27,62	9,58	32,01	18,26	32,97	13,38
CTC 7	<b>Máxima</b>	15,15	23,15	12,15	21,97	13,85	24,39	12,40	23,70
	<b>Mínima</b>	4,18	13,60	4,85	15,64	5,47	12,70	5,50	14,68
	<b>Média</b>	9,30	19,65	8,86	19,63	8,26	17,92	8,55	19,35
	<b>CV (%)</b>	29,96	13,18	26,13	8,41	32,04	20,73	31,68	13,81
CTC 20	<b>Máxima</b>	17,72	25,14	14,59	25,12	16,46	25,63	17,25	25,21
	<b>Mínima</b>	5,13	17,15	6,90	19,05	6,77	16,97	6,48	18,45
	<b>Média</b>	11,62	22,01	10,59	21,65	10,56	21,01	11,25	22,47
	<b>CV (%)</b>	25,69	9,09	24,93	7,40	33,80	12,43	32,60	8,83

\*Época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

Na Figura 4, está demonstrado o balanço hídrico para a região de Petrolina - PE, com um período de déficit hídrico prolongado durante o ano todo, indicando ser essencial o uso da irrigação para obter-se boa produtividade.



**Figura 4.** Balanço hídrico da região de Petrolina – PE. (fonte: EMBRAPA, 2003).

Ao comparar a produtividade de colmos entre o ambiente irrigado e o de sequeiro (Tabela 7), para todas as variedades e épocas de plantio, verificou-se que não houve diferença entre as épocas de plantio para nenhuma das variedades, no ambiente de sequeiro. No ambiente irrigado, aconteceu o mesmo para as variedades RB 86-7515 e CTC 20. Na CTC 4 e na CTC 7, a maior produtividade ocorreu no plantio em março e a menor, no plantio em setembro.

A produtividade de colmos em ambiente irrigado foi sempre superior à obtida em condição de sequeiro, para todas as variedades.

**Tabela 7.** Análise estatística de produtividade de colmo para a região de Petrolina - PE, Brasil, após a simulação no modelo DSSAT e a porcentagem em relação aos ambientes.

PETROLINA												
Variedades \ Ambientes												
Mg. Colmos.ha <sup>-1</sup>												
	RB 86 7515			CTC 4			CTC 7			CTC 20		
*Meses	**SEQ	**IRR	%	**SEQ	**IRR	%	**SEQ	**IRR	%	**SEQ	**IRR	%
<b>JAN</b>	78,48aB	146,25aA	86	78,19aB	139,85abA	79	75,66aB	136,03aA	80	85,10aB	146,73aA	72
<b>MAR</b>	75,18aB	147,15aA	96	74,97aB	143,37aA	91	72,36aB	139,78aA	93	79,29aB	148,83aA	88
<b>SET</b>	75,17aB	139,39aA	85	70,76aB	128,14bA	81	67,71aB	122,89bA	81	78,64aB	137,14aA	74
<b>NOV</b>	74,12aB	142,96aA	93	73,03aB	135,08abA	85	71,64aB	131,19abA	83	83,46aB	144,14aA	73

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha somente para uma variedade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*Meses= época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

Para a produtividade de açúcar (Tabela 8), não houve diferença entre as épocas de plantio, para todas as variedades, nos dois ambientes: sequeiro e irrigado.

**Tabela 8.** Análise estatística da produtividade de açúcar para a região de Petrolina - PE, Brasil, após a simulação no modelo DSSAT.

PETROLINA								
Variedades \ Ambientes								
Mg. Açúcar.ha <sup>-1</sup>								
	RB 86 7515		CTC 4		CTC 7		CTC 20	
*Meses	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR
JAN	8,88 aB	18,35 aA	9,39 aB	19,10 aA	9,30 aB	19,65 aA	11,62 aB	22,01 aA
MAR	8,36 aB	17,24 aA	8,93 aB	18,76 aA	8,86 aB	19,63 aA	10,59 aB	21,65 aA
SET	8,38 aB	18,22 aA	8,49 aB	17,46 aA	8,26 aB	17,92 aA	10,56 aB	21,01 aA
NOV	7,85 aB	19,06 aA	8,39 aB	18,72 aA	8,55 aB	19,35 aA	11,25 aB	22,47 aA

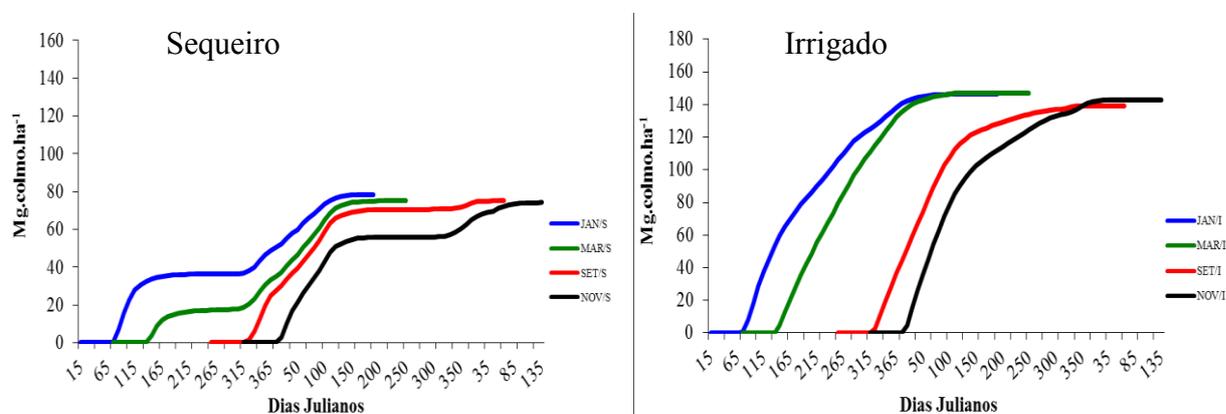
Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha somente para uma variedade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*Meses= época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

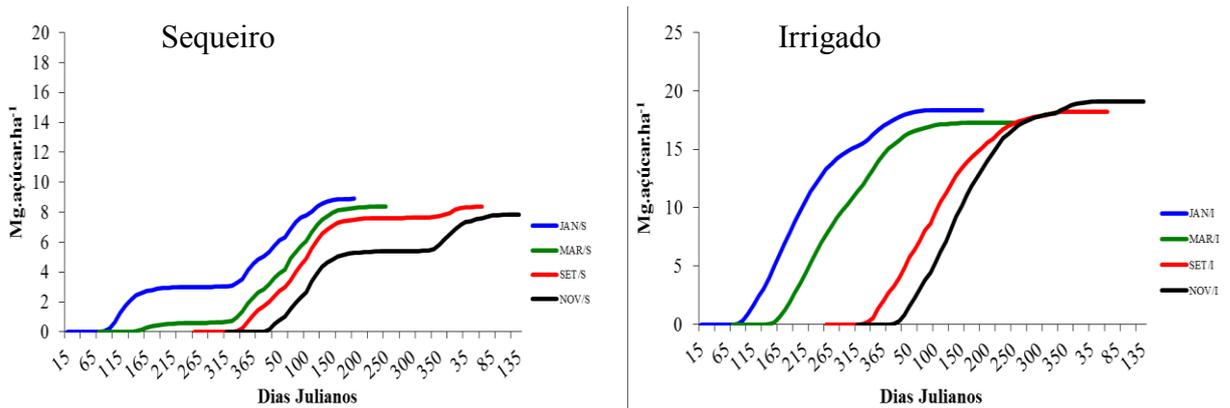
\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

Nas figuras 5 e 6, apresentam-se as curvas da produtividade média de colmo e de açúcar por hectare, para a variedade RB 86 7515, em ambiente de sequeiro e irrigado, para o plantio de ano e meio na região de Petrolina - PE.

Observa-se que em sequeiro as curvas de crescimento são desuniformes, diferentemente daquelas do ambiente irrigado em que há um crescimento praticamente linear na maior parte do período avaliado. Esta desuniformidade verificada no ambiente de sequeiro pode ser decorrente do fato do modelo não representar adequadamente a redução ou quebra da produtividade por déficit hídrico.



**Figura 5.** Curva de produtividade de colmo em Mg.ha<sup>-1</sup>, para a variedade RB 86 7515, em ambiente de sequeiro e irrigado, para a região de Petrolina – PE, no período de 1,5 ano.



**Figura 6.** Curva de produtividade de açúcar em  $\text{Mg. ha}^{-1}$ , para a variedade RB 86 7515, em ambiente de sequeiro e irrigado, para a região de Petrolina – PE, no período de 1,5 ano.

### Validação do modelo e melhor época de plantio

Utilizou-se dados da área experimental da usina COMVAP, localizada na cidade de União – PI, cidade que faz parte da microrregião de Teresina – PI, com a variedade RB86 7515; obtidos de Andrade Júnior et al. (2009), com a finalidade de comparar a produtividade real e a simulada, e assim visualizar a importância do modelo DSSAT/CANEGRO para realizar a simulação sob o clima semiárido, totalmente avesso ao da região Sudeste do Brasil. Os resultados podem ser observados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Demonstrativo da produtividade real e da simulada para a região de Teresina – PI.

Produtividade	Região (Teresina – PI)			
	$\text{Mg. colmo. ha}^{-1}$		$\text{Mg. açúcar. ha}^{-1}$	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
Real	110,00	137,90	-	20,30
Simulada	128,21	144,58	13,00	16,38

Fonte: Andrade Júnior et al. (2009).

Os valores experimentais, adotados para o comparativo com os simulados, na região de Teresina - PI, foram retirados do trabalho de Andrade Júnior et al. (2009), cuja área experimental ficava em União – PI, parte da microrregião de Teresina – PI. Para a avaliação, utilizou-se a variedade RB86 7515, muito usada com irrigação, no Nordeste.

Na Tabela 10, estão plotadas as melhores épocas para realizar o plantio, através da simulação obtida pelo modelo DSSAT/CANEGRO.

**Tabela 10.** Melhor época de plantio no ambiente de sequeiro e no irrigado para as regiões avaliadas.

	REGIÕES			
	TERESINA		PETROLINA	
	**SEQ	**IRR	**SEQ	**IRR
*Meses				
<b>JAN</b>		X		X
<b>MAR</b>	X	X		X
<b>SET</b>		X		X
<b>NOV</b>		X		X

\*Meses= época de plantio - JAN= janeiro; MAR= março; SET= setembro; NOV= novembro.

\*\*SEQ= sequeiro; IRR= irrigado.

Para região Nordeste, no ambiente de sequeiro, o modelo recomendou o plantio em março para Teresina, PI, pois há déficit hídrico de maio até o final de novembro (Figura 1), podendo comprometer a produtividade caso o plantio seja efetivado nos meses de janeiro, setembro e novembro. Na condição de irrigação, todas as épocas avaliadas são recomendadas, para todas as variedades. A região de Petrolina apresenta um déficit hídrico que se prolonga por todo o ano (Figura 4). Sendo assim, o modelo não recomenda o plantio em ambiente de sequeiro para essa região, somente com a utilização da irrigação, para obter uma boa produtividade, gerando produtividades semelhantes às da região Sudeste.

## 6 CONCLUSÕES

Com base nas simulações realizadas e nas comparações com dados experimentais, pode-se concluir que:

- em ambiente de sequeiro, recomenda-se o plantio da cana-de-açúcar de ano e meio em março para Teresina, PI;
- em Petrolina, PE, não se recomenda o plantio em sequeiro dado o déficit hídrico ao longo de todo o ano;
- em ambiente irrigado, não houve diferença da produtividade de colmo em função da época de plantio, para todas as variedades e em todas as regiões avaliadas;
- as produtividades de colmos e de açúcar foram sempre maiores no ambiente irrigado quando comparado com o de sequeiro, em todas as localidades e em todas as variedades avaliadas;
- o modelo de simulação gerou boa estimativa da produtividade de colmos e de açúcar quando comparado aos dados experimentais de Teresina, PI.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; DUARTE, J. A. L.; MOTA, P. R. D. ; MOURA, J. F. L.; RIBEIRO, V. Q. Níveis de irrigação e fertirrigação por gotejamento subsuperficial na produção de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro; Petrolina. **Anais...** Juazeiro; Petrolina: SBEA; UNIVASF, 2009. 1 CD-ROM.

BARBOSA, E. A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG.** 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2005.

BARROS, A. C; COELHO, R. D; MARIN, F. R; POLZER, D. L; NETTO, A. O. A. **Utilização do modelo CANEGRO para estimativa de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e não irrigada para as regiões de Gurupi – TO e Teresina - PI.** 2012. 189 - 207 p. v. 17, n. 2, Botucatu – SP, Revista Irriga, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. acesso em: 23 de agosto de 2012.

---

HAMID. M. N.; ABDULLAH, M. Y. Contribution of mathematical model for the development of sustainable agriculture. **Malaysian Journal of Mathematical Sciences**, v. 2 (2), p. 83-91, 2008.