

## 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

**ALLAN C. BARROS<sup>1</sup>; RUBENS D. COELHO<sup>2</sup>; FÁBIO R. MARIN<sup>3</sup>; DOROTHEE L. POLZER<sup>3</sup> e ANTENOR DE O. AGUIAR NETTO<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Av. Manoel Severiano Barbosa, s/n. Arapiraca-AL. e-mail: [allan-cunha@hotmail.com](mailto:allan-cunha@hotmail.com);

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-SP. e-mail: [rdcoelho@esalq.usp.br](mailto:rdcoelho@esalq.usp.br);

<sup>3</sup> Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, Campinas-SP, e-mail: [marin@cnptia.embrapa.br](mailto:marin@cnptia.embrapa.br); [dorotheelp@hotmail.com](mailto:dorotheelp@hotmail.com);

<sup>4</sup> Departamento de engenharia Agronômica, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elze, São Cristóvão-SE. e-mail: [antenor.ufs@gmail.com](mailto:antenor.ufs@gmail.com)

### 1 RESUMO

Na produção da cana-de-açúcar, a irrigação é empregada mais intensivamente em novas áreas de expansão onde há insuficiência ou má distribuição temporal de chuvas. As novas e promissoras áreas para plantio de cana-de-açúcar estão localizadas nos estados de Maranhão, Piauí e Tocantins. No entanto, a realização de experimentos, visando fornecer informações de produtividade na tomada de decisão, são onerosos e demoram muito tempo, por esse motivo, os modelos fisiológicos de simulação tornam-se ferramentas importantes, já que através deles é possível estimar a produtividade de uma cultura, em diferentes condições climáticas, sob diferentes épocas de plantio e colheita e sob diferentes métodos de manejo adotado. Assim, o objetivo do trabalho foi gerar informações sobre a produtividade potencial da cana-de-açúcar nas cidades de Gurupi – TO e Teresina – PI, com plantio e colheita em diferentes datas, através de estimativas de crescimento da cultura utilizando o CANEGRO/DSSAT e determinar o efeito da irrigação sob a produtividade. Os cenários foram baseados em 4 datas de plantio (15 de janeiro, 15 de março, 15 de setembro e 15 de novembro) x 2 épocas de colheita (1 e 1,5 anos) x 2 sistemas (irrigado e sequeiro), totalizando 16 cenários por cidade. Assim, foi possível verificar que a produtividade em Gurupi – TO variou entre 102 a 208 Mg.ha<sup>-1</sup>, e em Teresina de 86 a 174 Mg.ha<sup>-1</sup>, no entanto, estas foram superestimadas nos plantios em sequeiro; e a irrigação possibilitou o plantio em diferentes épocas do ano, aumentando a produção de açúcar em no mínimo 52% em Gurupi e 42% em Teresina.

**PALAVRA-CHAVE:** Dssat, simulação de crescimento, irrigação em cana

**BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MARIN, F. R.; POLZER, D. L.; AGUIAR NETTO, A. de O.**

**THE USE OF CANEGRO MODEL TO ESTIMATE THE GROWTH OF IRRIGATED AND NON IRRIGATED SUGARCANE CROP IN IRRIGATED IN GURUPI - TO AND TERESINA - PI**

## 2 ABSTRACT

Irrigation is extensively used in the sugarcane production in the expansion areas where there is insufficient or poor distribution of rainfall. The new and promising areas for sugarcane plantation are located in the states of Maranhão, Piauí and Tocantins. However, performing experiments in order to yield information in decision making is expensive and time-intensive, therefore, the models become important tools, since it is possible to estimate the yield in different climatic conditions, under different planting, harvesting seasons and under different management practices adopted. Thus, the aim was to generate information about the potential productivity of sugarcane in the cities of Gurupi - TO and Teresina - PI, with planting and harvesting at different dates, through estimating crop growth using the CANEGRO / DSSAT and to determine the effect of irrigation on productivity. The scenarios were based on four planting dates (January 15, March 15, September 15 and November 15) x 2 harvest (cycles of 1 and 1.5 years) x 2 systems (irrigated and rainfed), totaling 16 scenarios for each city. Yield obtained in Gurupi had values between 102 to 208 Mg ha<sup>-1</sup>, and 86 to 174 Mg ha<sup>-1</sup> in Teresina. these data were overestimated in rain fed crops; and the irrigation allowed planting at different time of the year, increasing the sugar production in at least 52% in Gurupi and 42% in Teresina.

**KEYWORD:** DSSAT, growth simulation, irrigation in sugarcane

## 3 INTRODUÇÃO

O Brasil, por possuir duas estações distintas durante o ano, é o único país no mundo com duas colheitas anuais: uma do Norte – Nordeste, que começa em setembro e continua até abril, e a outra na região Centro – Sul, que vai de maio a dezembro (SCARPARI, 2007), o que o torna o maior produtor mundial (501.536 mil toneladas métricas), possuindo maior área cultivada (6.290 mil ha) no mundo (AGRIANUAL, 2009).

Por esse motivo a cana-de-açúcar apresenta elevada importância socioeconômica no Brasil, gerando empregos e divisas. Nos últimos anos, a agroindústria sucroalcooleira vem sofrendo com problemas de diversas naturezas, entre eles, as estiagens. Associada às estiagens, que impõem deficiência hídrica à cultura, está a baixa produtividade (DARLI et al., 2008).

Já é fato que a disponibilidade hídrica no solo favorece uma maior produção da cultura da cana, assim, a decisão de irrigar torna-se decisiva para obter altas produções, mas para que essa opção seja rentável o aumento de produção de açúcar por cana, em função da irrigação, deve compensar o investimento com o sistema de irrigação, com a energia que será utilizada e com o custo da água (dependendo da região).

A realização de pesquisas de campo para determinar a viabilidade da irrigação são onerosas, já que a cana é um cultura semiperene e deve ser cultivada por 5 ou mais anos. Modelos de simulação permitem a quantificação da contribuição de vários processos fisiológicos e elementos climáticos. Eles são ferramentas poderosas que aumentam a eficiência da pesquisa, permitindo a análise da performance das culturas em diferentes condições climáticas (CHEROO-NAYAMUTH, 2000).

Existem diversos modelos para simulação de produção de cana-de-açúcar, mas segundo Godoy (2007), os dois principais correntemente em uso mundialmente são o APSIM (*Agricultural Production System sIMulator*)- sugarcane, modelo desenvolvido pela unidade

de pesquisa de sistemas de produção agrícola CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) (O'LEARY et al., 1999) e o CANEGRO (*sugarCANE GROwth model*) desenvolvido pela associação sul africana do açúcar (INMAN-BAMBER, 1995).

Os três estados com maior área de cana no Brasil são: São Paulo, Minas Gerais e Goiás, sendo responsáveis por 75,2% da área total plantada. Coincidentemente, estes estados juntamente com Mato Grosso e Mato Grosso do Sul tem experimentado um grande aumento da expansão da área desta cultura nos últimos anos. No entanto, as novas e promissoras áreas para cana estão localizadas nos estados de Maranhão, Piauí e Tocantins, na região do bioma cerrado (CGEE, 2009). E são para essas novas áreas que a utilização de modelos para determinação do potencial produtivo são uma interessante ferramenta a ser aplicada na tomada de decisão.

Assim, o objetivo do trabalho foi gerar informações sobre a produtividade potencial da cana-de-açúcar nas cidades de Gurupi – TO e Teresina – PI, com plantio e colheita em diferentes datas, através de estimativas de crescimento da cultura utilizando o CANEGRO/DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) e determinar o efeito da irrigação sob a produtividade.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em parceria entre a ESALQ/USP e a Embrapa Informática Agropecuária. As simulações de crescimento de cana-de-açúcar foram feitas para os municípios de Teresina-PI (latitude 05°04'S e longitude 42°14'O) e Gurupi-TO (latitude 11° 43'S e longitude 49° 04' O). As simulações foram feitas utilizando-se um modelo de simulação CANEGRO, que faz parte do pacote de modelos no sistema computacional DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer).

Os solos utilizados nas simulações foram o Argissolo vermelho-amarelo, para a cidade de Teresina – PI e o Latossolo Vermelho-Amarelo, para cidade de Gurupi – TO, enquanto que tais características físicas dos solos foram retiradas de Silva et al. (2007) e Lima et al. (2000), respectivamente.

O conjunto das variáveis meteorológicas diárias de entrada utilizados pelo modelo, correspondente aos valores diários de temperatura máxima e mínima do ar (°C), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), foram cedidos pela EMBRAPA e INMET. Procurou-se utilizar os anos de dados com menor número de falhas, ou que não houvesse falhas, sendo que para a correção de falhas simples (intervalo pequeno de dias), utilizou-se a metodologia proposta por Heinemann et al. (2007). Assim, os anos utilizados foram, para Teresina-PI, 1942 a 1956, 1966, 1967, 1976 a 1978 e, para Gurupi-TO, 1992 a 2008.

A cultivar utilizada na simulação foi a RB83-2847, cuja calibração foi feita e já vem sendo utilizada em outros trabalhos por Marin et al., (2009). Os indicadores estatísticos da comparação entre dados medidos e observados do modelo CANEGRO/DSSAT podem ser vistos na Tabela 1, segundo Marin et al. (2011), para a variedade RB83-2847.

**Tabela 1.** Indicadores Estatísticos de comparação entre dados medidos e observados do modelo CANEGRO/DSSAT para a cultivar RB83-2847

Variável	R <sup>2</sup>	Erro Médio Absoluto		Índice D*	R <sup>2</sup>	Erro Médio Absoluto	
		Não Irrigado				Irrigado	
IAF	1,00	1,2	0,57		1,00	0,66	0,79
Massa Seca Colmos (t/ha)	0,99	6,74	0,90		0,99	6,18	0,91
Massa Seca Aérea (t/ha)	0,99	2,85	0,99		1,00	3,36	0,98
Perfilhos/m <sup>2</sup>	0,75	4,01	0,3		0,77	3,5	0,39
Altura (m)	0,98	0,27	0,95		0,99	0,24	0,97

(Marin et al., 2011)

\* Índice D de Willmott.

Os cenários utilizados nas simulações foram baseados na época de plantio, sendo utilizadas quatro datas (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); duas épocas de colheita (cana de ano e de ano e meio); e utilização da irrigação (irrigado ou sequeiro). Foram simulados 15 anos de plantio para cada localidade. Assim, para cada localidade foram feitos 4 datas de plantio x 2 épocas de colheita x 2 sistemas, totalizando 16 cenários por cidade.

As análises de variância das produtividades avaliadas foram analisadas com auxílio do software SISVAR. Para os dados de produtividades utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, e para a renda bruta foi utilizado o teste de Scott-Knot ao nível de 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização Climatológica

A cidade de Gurupi-TO (GU) apresenta um período mais chuvoso de 6 meses, entre os meses de outubro a março, onde há uma grande intensidade de precipitação, correspondendo a quase 90% da precipitação média total. Teresina-PI (TE) apresenta uma boa quantidade de chuva (1.482 mm), sendo essas mal distribuídas, concentrando sua maior parte entre os meses de dezembro a maio.

As temperaturas máximas mais elevadas ocorrem de dezembro a fevereiro, para GU e os meses de junho e julho são os mais frios. Teresina apresenta temperaturas superiores a 31°C durante todo o ano, sendo o mês de outubro o mais quente com quase 37°C de temperatura média, o meses mais frios foram os de julho e agosto.

**Tabela 3.** Média dos dados climatológicos das estações utilizadas

Gurupi - TO									
	Tmn	Tmx	Prec	Rad		Tmn	Tmx	Prec	Rad
jan	21,81	32,22	191,67	20,58	jul	14,98	27,77	0,67	16,71
fev	21,68	32,08	181,50	20,32	ago	16,36	29,36	6,00	18,65
mar	21,33	31,92	258,50	19,48	set	17,95	29,81	20,83	19,80
abr	19,49	30,99	66,17	18,34	out	19,79	31,75	104,00	21,33
mai	16,75	28,40	58,33	16,45	nov	20,08	31,31	247,33	21,22
jun	15,68	27,85	0,00	15,78	dez	21,30	31,80	272,33	20,65

Teresina - PI									
	Tmn	Tmx	Prec	Rad		Tmn	Tmx	Prec	Rad
jan	23,66	32,69	239,02	18,13	jul	20,75	32,58	15,43	17,52
fev	23,12	31,94	278,58	18,17	ago	20,39	34,36	1,21	20,49
mar	23,31	31,93	285,07	17,68	set	21,64	35,59	6,05	21,89
abr	23,08	31,89	286,96	16,88	out	22,67	36,39	27,03	22,43
mai	22,50	31,69	140,86	15,76	nov	23,48	35,86	53,10	21,11
jun	20,85	31,60	17,16	16,28	dez	23,22	33,62	131,95	19,25

Tmn – temperatura mínima (°C); Tmx – temperatura máxima (°C); Prec – Precipitação (mm); Rad – Radiação (MJ.m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>).

## 5.2 Análise das produtividades

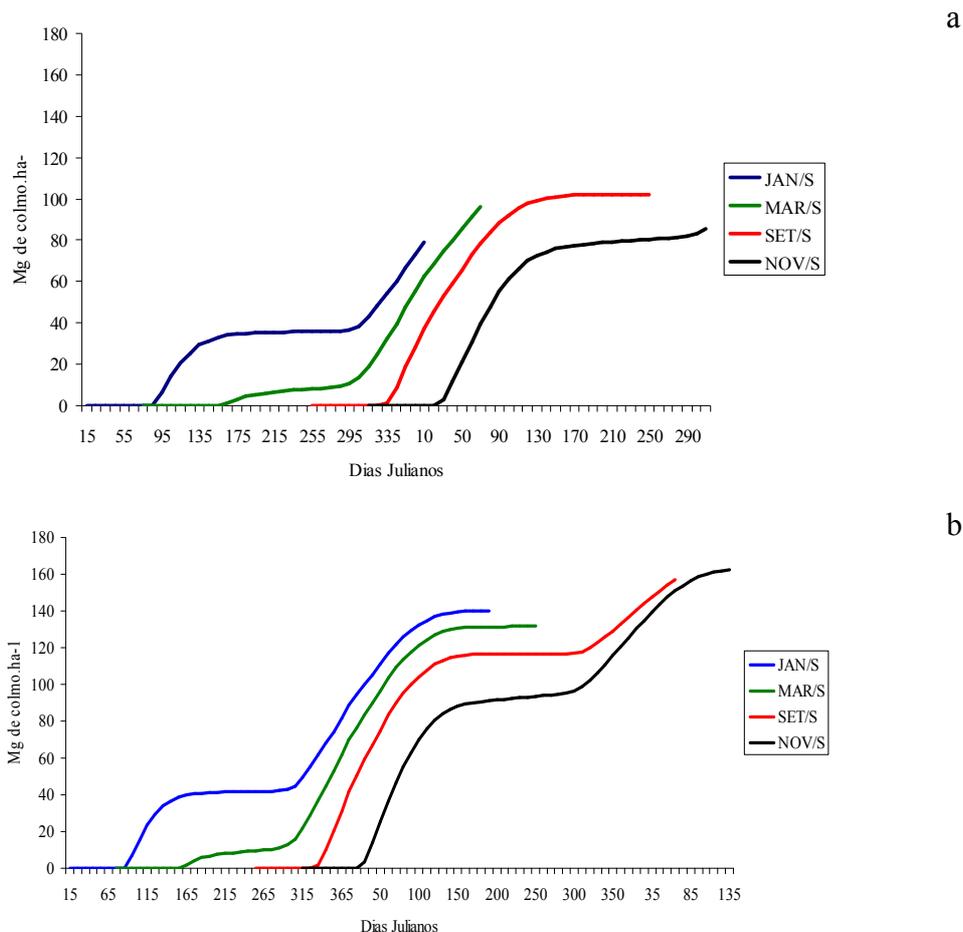
Para facilitar a discussão dos dados foram utilizadas as nomenclaturas: JAN, MAR, SET, NOV, para representar o mês de plantio; SEC e IRR, para representar se o plantio foi de sequeiro ou irrigado; juntamente com 1 ou 5, para representar se o tempo da cultura no campo foi de 1 ano ou 1,5 anos. Assim, por exemplo, SEC1 representará o plantio em sequeiro com duração de um ano.

## 5.3 Gurupi

Na Figuras 1a e 1b, estão as curvas de produtividade média de colmos por hectare, em condições não irrigadas, para 1 ano e 1,5 anos de plantio, respectivamente, na cidade de Gurupi – TO (GU). Observa-se que o plantio em SET (Dia Juliano – DJ 258) e colheita 1 ano depois, foi o que apresentou maior produtividade e sua curva de crescimento só atingiu estabilização aproximadamente no DJ 170, correspondendo ao final do período chuvoso para a cidade, onde a disponibilidade hídrica era baixa, quando a cultura teve seu corte após 1,5 anos de plantio, essa estabilização foi mantida até o início do período chuvoso seguinte. No entanto, a cana cortada com 1,5 anos teve maior produtividade quando plantada em NOV (DJ 319).

Fator inverso ocorreu para o JAN (DJ 15) e MAR (DJ 74), em que, com o corte da cana realizado com 1 ano, MAR apresentou melhor resultado que JAN, e o oposto foi visto quando a colheita foi realizada com um ano e meio depois. Apesar disso, em regime de sequeiro, essas duas épocas de plantio apresentaram produtividades menores que SET e NOV.

Baseado no sistema de colheita em épocas mais secas, para a cana colhida com 1 ano, em SET e NOV as condições de umidade no solo seriam mais adequadas, já na colheita de 1,5 anos, as épocas mais indicadas seriam para os plantios em JAN e MAR.



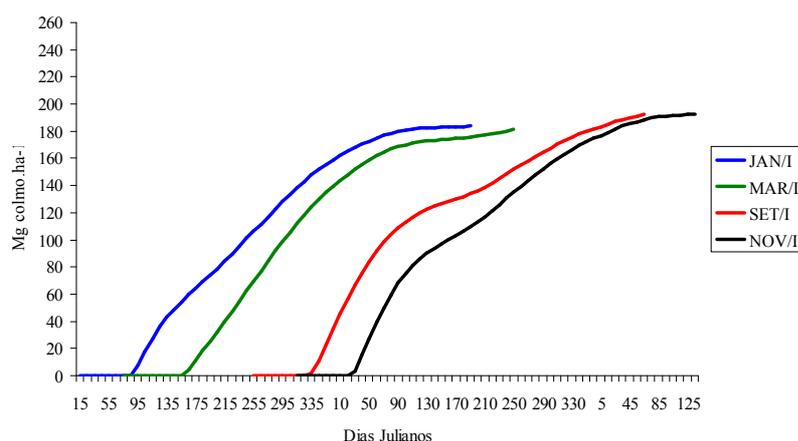
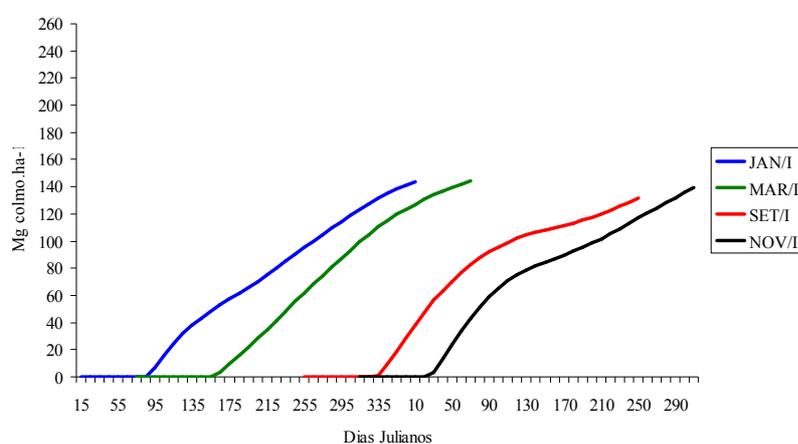
**Figura 1.** Curvas de produtividade de massa fresca em  $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , em condições não irrigadas, para 1 ano (a) e 1,5 anos (b) de plantio na cidade de Gurupi – TO

Como comentado anteriormente, pode-se notar que ocorre um período de estresse prolongado, entre abril e outubro. E segundo van Dillewijn (1952), a cana-de-açúcar é uma cultura que possui 4 fases distintas de crescimento: germinação, perfilhamento, crescimento e maturação, sendo o perfilhamento combinado com o crescimento inicial a fase com o período mais crítico na demanda de água, justamente o período de estresse verificado JAN e MAR, para ambas as épocas de corte. Por esse motivo os plantios realizados nessas datas foram os que obtiveram menor desenvolvimento. Confirmado por Ramesh e Mahadevaswamy (2000), que dizem que a seca durante a fase formativa resulta na redução da produção.

No entanto, apesar de alguns meses de plantio sofrerem com um estresse hídrico durante diferentes fases do ciclo vegetativo, não ocorre redução da produtividade nem a morte da planta. Contrariando os estudos de Barbosa (2011) e Ramesh e Mahadevaswamy (2000).

No trabalho de Barbosa (2011), realizado em ambiente protegido na cidade de Piracicaba – SP, o autor comenta que com uma evapotranspiração potencial média de 3 mm/dia, após 33 dias sem água disponível no solo a porcentagem de touceiras vivas é de 0%, corroborado pelo trabalho de Ramesh e Mahadevaswamy (2000), que realizando um estudo para avaliar o efeito do estresse hídrico na cana-de-açúcar, na cidade de Coimbatore – Índia, afirma que após 30 dias em condições de estresse severo, a mortalidade chega a aproximadamente 42 %, e entre 30-60 dias esta pode atingir aproximadamente 82 %.

Nos plantios irrigados, Figuras 2a e 2b as curvas de crescimento apresentaram comportamento semelhante, quando relacionadas com o tempo de plantio. Estas apresentam crescimento pouco variável durante todo o período de desenvolvimento da cultura, já que a disponibilidade de água não era fator limitante ao crescimento.



**Figura 2.** Curvas de produtividade de açúcar em Mg.ha<sup>-1</sup>, em condições irrigadas, com os plantios em 1 ano (a) e 1,5 anos (b) para a cidade de Gurupi – TO

Diferentemente do que foi visto no sistema de sequeiro, a cana plantada em setembro, sob sistema irrigado não foi a que apresentou melhor desenvolvimento, para 1 ano de plantio. E os meses de plantio considerados de menor desenvolvimento nos sistema de sequeiro, JAN e MAR, apresentaram crescimento ativo em sistema irrigado.

Os padrões de aumento de produtividade de açúcar apresentaram comportamento semelhante as curvas de crescimento de colmos.

Na Tabela 4 são apresentados as produtividades máximas, mínimas e médias simuladas de produtividade de colmos e açúcar e seus respectivos coeficientes de variação (CV), no município de Gurupi-TO (GU), em diferentes épocas de plantio e tempo de colheita. Esses valores de produtividade nas condições de simulação são para uma produção potencial.

Os valores de CV servem para ver o risco de quebra de produtividade, já que ele demonstra a variação da produtividade nos diferentes anos analisados. Assim, nos plantios em sequeiro os coeficientes de variação (CV) variaram de 8,38 a 19,75% e 7,32 a 9,54%, para

produtividade de massa fresca e de 13,23 a 28,16% e 10,79 a 16,18% para açúcar, alterando apenas a época de colheita, demonstrando que, com o aumento da época de colheita em 6 meses é possível reduzir a variação entre as produtividades ano a ano, já que fica possível um melhor aproveitamento dos períodos chuvosos.

**Tabela 4.** Produtividade de colmos (Mg.ha<sup>-1</sup>) e de açúcar (Mg.ha<sup>-1</sup>) simuladas para as quatro épocas de plantio, sob condições irrigadas e de sequeiro para o município de Gurupi-TO

Gurupi-TO								
Mg.Colmos/ha para 1 ano de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	102,10	129,55	61,51	17,68	180,42	219,39	170,65	8,93
MAR	122,25	151,72	91,35	11,22	181,73	217,16	168,22	8,96
SET	127,81	146,33	109,93	8,38	169,46	210,43	150,56	12,93
NOV	106,88	169,38	80,67	19,76	178,68	219,36	162,79	12,04

Mg.Colmos/ha para 1,5 anos de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	153,02	167,34	127,68	8,07	199,60	239,23	188,43	7,43
MAR	141,51	157,15	120,28	7,32	196,71	238,41	185,17	9,2
SET	171,75	206,59	144,86	9,54	208,86	253,24	193,83	9,72
NOV	174,12	202,10	155,60	8,29	208,20	249,06	193,84	9,19

Mg.Açúcar/ha para 1 ano de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	9,51	13,38	4,80	28,16	22,02	28,94	19,45	13,50
MAR	12,09	18,82	7,48	25,11	21,51	29,36	17,99	15,22
SET	15,58	18,53	12,29	13,23	23,68	30,98	20,37	14,93
NOV	12,69	21,95	8,41	25,37	23,58	30,56	20,90	14,87

Mg.Açúcar/ha para 1,5 anos de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	19,17	22,53	16,15	10,79	25,73	33,52	22,75	12,55
MAR	17,78	20,92	14,71	11,00	26,91	35,41	22,89	14,70
SET	20,91	28,31	15,85	16,18	27,33	35,94	23,76	14,34
NOV	22,05	27,29	18,83	12,44	27,10	34,88	23,34	13,88

SET, para SEC1, apresentou a melhor média e CV, tanto para produtividade de colmos, quanto para açúcar, no entanto foi o único mês que o aumento da época de colheita aumentou o CV, tanto para colmo quanto para açúcar, sendo o pior CV para açúcar em SEC1.5. Para 1,5 anos, as melhores médias foram para NOV, no entanto, os melhores CVs foram para MAR, para colmos, e JAN, para açúcar.

No sistema IRR1 ocorre redução dos valores de CV – colmo e CV – açúcar, no entanto, essa redução não é superior a ocasionada pelo aumento do ciclo, com exceção SET.

Apesar disso, a produtividade média de açúcar produzido com irrigação foi superior à produtividade devido ao aumento do ciclo para todos os meses de plantio, comportamento similar ao encontrado para produtividade de colmos, com exceção de SET, em que ocorreu o inverso, ou seja, o aumento do ciclo e o uso da irrigação proporcionaram diminuição da quebra da produtividade.

A utilização da irrigação junto com o aumento da época de plantio proporcionou aumento de produtividade e diminuição do coeficiente de variação em relação a produtividade SEC1, para quase todos os meses de plantio, tanto para produtividade açúcar, quanto para colmo, apesar de sua produtividade média ser superior a qualquer outro cenário. Comparado ao IRR1, os CVs foram quase todos inferiores, com exceção de MAR, para colmos. Demonstrando que para Gurupi, a interação época de plantio x irrigação foi benéfica tanto para aumento de produtividade, quanto para diminuição do CV.

As produtividades máximas alcançadas foram encontradas em: SET, para massa IRR5 e SEC5, açúcar IRR1, SEC5 e IRR5; JAN, para massa IRR1; NOV, para massa SEC1, para açúcar SEC1. As mínimas foram em: JAN, para massa SEC1, açúcar SEC1 e IRR5; MAR, para massa SEC5, IRR5, açúcar IRR1, SEC5; SET, para massa IRR1. Assim, pode-se notar que, na maioria dos casos, SET e NOV foram os que obtiveram os melhores resultados, baseando-se apenas nas produtividades.

Para a discussão mais minuciosa dos dados foi feita a estatística dos mesmos, nessa estatística foi avaliada a interação entre os manejos (SEC1, IRR1, SEC1.5 e IRR1.5) dentro de cada mês e a interação dos meses dentro de cada manejo (Tabela 5). Podemos notar que na produtividade de colmos, não há diferenciação estatística nos meses que produziram sob irrigação, mostrando que sob irrigação poderia ser utilizada qualquer época de plantio. O sistema SEC1.5 apresenta menor diferenciação estatística que o SEC1, sendo os meses de setembro/novembro e janeiro/março os que possuem produtividade estatisticamente igual, com setembro e novembro com as maiores médias. No SEC1 há maior diferença entre setembro e janeiro.

Analisando individualmente cada mês, podemos notar que em JAN há diferenciação na produtividade mudando o manejo adotado, em MAR os manejos IRR1 e IRR1.5 não apresentaram diferença, assim, seria mais vantagem utilizar o manejo IRR1 que o com 1,5 anos, já que a mesma produtividade seria atingida com um período da cultura no campo menor.

Em SET, ocorre o mesmo, no entanto, a mesma produtividade do IRR1 poderia ser atingida com o SEC1.5, esse comentário também é válido para NOV; tornando a opção de produzir sem irrigação com 1,5 anos da cultura no campo estatisticamente igual à produtividade atingida com a utilização da irrigação com colheita 1 ano depois.

**Tabela 5.** Análise estatística dos dados de produtividade média em relação aos meses dentro dos manejos adotado e dos manejos dentro de cada mês de plantio para a cidade de Gurupi – TO

Gurupi-TO				
meses	Manejo			
	SEC1	IRR1	SEC1.5	IRR1.5
Mg.Colmos.ha <sup>-1</sup>				
JAN	102,10 Aa	180,42 Ab	153,02 Ac	199,60 Ad
MAR	122,25 BCa	181,73 Ab	141,51 Ac	196,71 Ab
SET	127,81 Ca	169,46 Ab	171,75 Bb	208,86 Ac
NOV	106,88 ABa	178,68 Ab	174,12 Bb	208,20 Ac
meses	Manejo			
	SEC1	IRR1	SEC1.5	IRR1.5
Mg.Açúcar.ha <sup>-1</sup>				
JAN	9,51 Aa	22,02 Ab	19,17 Ab	25,73 Ac
MAR	12,09 Aa	21,51 Ab	17,78 ABc	26,91 Ad
SET	15,58 Ba	23,68 Ab	20,91 ABb	27,33 Ac
NOV	12,69 ABa	23,58 Ab	22,05 Bb	27,10 Ac

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre as linhas e minúsculas entre as colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Pode-se notar na Tabela 6, referente ao aumento de produtividade de colmo e açúcar devido ao incremento da irrigação e/ou do aumento da época de plantio que a sensibilidade do aumento de produtividade de colmos foi menor que o de açúcar, em todos os casos avaliados, com exceção do SET, que como já descrito acima, possui comportamento inverso aos demais meses de plantio. Considerando que, no modelo, para aumentar a produtividade pode-se utilizar destas três estratégias: adicionar irrigação; aumentar o período da cultura no campo; e usar irrigação e aumentar o período da cultura no campo, pode-se notar que com a utilização de qualquer uma delas há aumento de produtividade.

**Tabela 6.** Aumento na produtividade de colmo e açúcar (%) devido ao incremento da irrigação e/ou do aumento da época de plantio, para Gurupi-TO

Plantio	Irrigação		Aumento do tempo da cultura no campo		Irrigação e Aumento do tempo	
	Colmos (%)	Açúcar (%)	Colmos (%)	Açúcar (%)	Colmos (%)	Açúcar (%)
JAN	75,87	131,61	48,70	101,61	94,56	170,59
MAR	48,74	77,96	15,82	47,04	61,00	122,60
SET	32,59	51,97	34,38	34,21	63,42	75,39
NOV	67,12	85,89	62,85	73,85	94,73	113,61

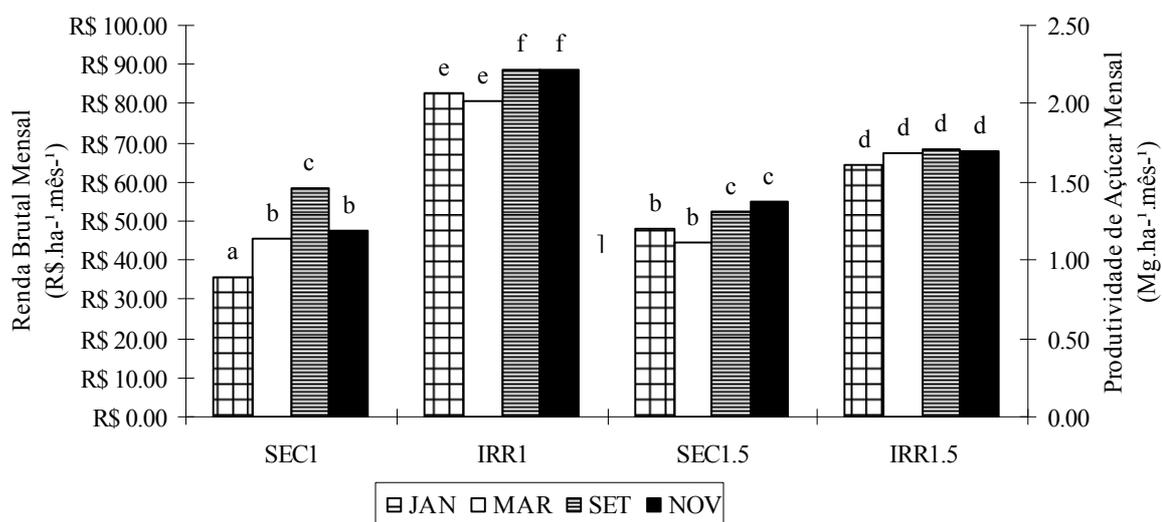
Para Gurupi, o maior incremento de produtividade de colmo e açúcar, devido a irrigação, foi para JAN, seguido por NOV, sendo SET o menos sensível, mesmo assim os incrementos de produtividade de açúcar foram de quase 50% da produtividade. Se correlacionar com o aumento do período no campo, NOV apresentou incremento de produtividade quase semelhante ao encontrado devido ao uso da irrigação, além disso, o aumento do período no campo proporcionou maior produtividade de colmos em SET.

Essa é uma informação importante na tomada de decisão da necessidade de irrigar. Mesmo assim, com exceção de SET, todos os outros apresentaram incremento de produtividade de colmo maior quando foi utilizada a irrigação, em comparação ao aumento do período no campo, já comparando à irrigação vs. período no campo, todas as outras situações apresentaram valores inferiores, mostrando que a utilização da irrigação juntamente ao aumento de tempo da cultura no campo pode proporcionar valores ainda maiores. No entanto, vale ressaltar que existem alguns detalhes de condução de um canal que não são levados em conta nessa discussão, e sim, só os valores de produtividade. Mesmo assim, essas informações são importantes na tomada de decisão.

Considerando o preço de venda do açúcar de R\$ 45,00 a tonelada, foram confeccionados os gráficos a seguir (Figura 3), que correlacionam a renda bruta pelo número de meses da cultura no campo.

Nota-se que o sistema IRR1 é o que apresenta os maiores valores, mostrando uma maior renda em função das técnicas empregadas. Seguido pelo IRR1, o IRR5 foi o que apresentou os melhores valores. Em todas as situações os sistemas irrigados, não importando a quantidade de tempo que a cultura é mantida em campo, foram os que apresentaram os melhores resultados. No entanto, vale ressaltar que entre o sistema SEC5 e IRR5 a diferença não é tão superior quanto a diferença entre o SEC1 e IRR1, e, portanto, a tomada de decisão de irrigar e aumentar o período da cultura no campo precisa passar por uma análise econômica mais detalhada, levando em consideração outros fatores que não são considerados neste trabalho.

Comparado ao SEC1 o IRR1 proporcionou aumento de renda bruta de 131,6; 77,96; 51,97 e 85,89%, para JAN, MAR, SET e NOV, respectivamente. SEC5 nos meses de MAR e SET houve redução de renda de 1,97 e 10,52%, em relação a SEC1, e nos meses de JAN e NOV os aumentos foram de 34,4 e 15,9%, bem inferior aos alcançados por IRR1. Em IRR5, todos os meses demonstraram aumento de renda.



**Figura 3.** Renda bruta pelo número de meses da cultura no campo da produtividade de açúcar (R\$) para cada cenário avaliado, nas cidades de Gurupi – TO

A maior variabilidade estatística está no SEC1, a menor no IRR1.5. Considerando os meses em relação aos manejos, ocorre grande variabilidade, demonstrando que os manejos

interferiram de forma diferente na renda. Em MAR e SET, os valores de renda atingidos em SEC1 são iguais estatisticamente aos atingidos em SEC1.5, demonstrando que, apesar do aumento de produtividade alcançado com o aumento do período da cultura no campo, o mesmo não possibilitou aumento significativo de renda entre os manejos.

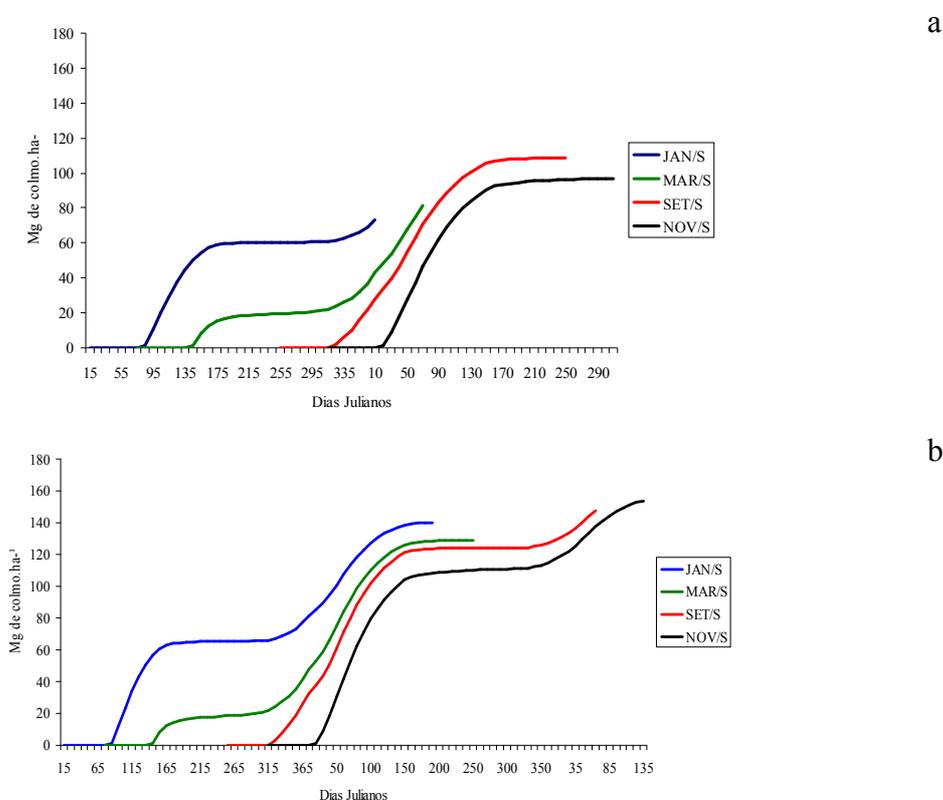
## 5.4 Teresina

### Análise das produtividades

Na Figuras 4a e 4b, estão as curvas de produtividade média de colmos por hectare, em condições não irrigadas, para um ano e 1,5 anos de plantio na cidade de Teresina – TO (TE). Assim como ocorreu em Gurupi, SET, com colheita após um ano, foi o que apresentou maior produtividade e sua curva apresentou comportamento semelhante ao de GURUPI, em que o crescimento atingiu estabilização no final do ciclo, no entanto, para a cidade de Teresina, NOV apresentou um crescimento mais próximo de SET.

Em JAN e MAR as curvas mostraram crescimento inicial mais acentuado nas primeiras fases, sendo que JAN ainda pode aproveitar melhor o período chuvoso. Com o corte após 1,5 anos de plantio, NOV obteve melhor resultado, superando JAN.

No entanto, como já dito anteriormente, considerando a época de colheita num período seco, SET e NOV seriam mais ideais para um ano de plantio, para 1,5 anos seriam JAN e MAR, já que por volta de junho (DJ 152 – 181) a precipitação é bastante reduzida e se mantém assim até o final de outubro (DJ 304), possibilitando uma colheita com a umidade do solo baixa.

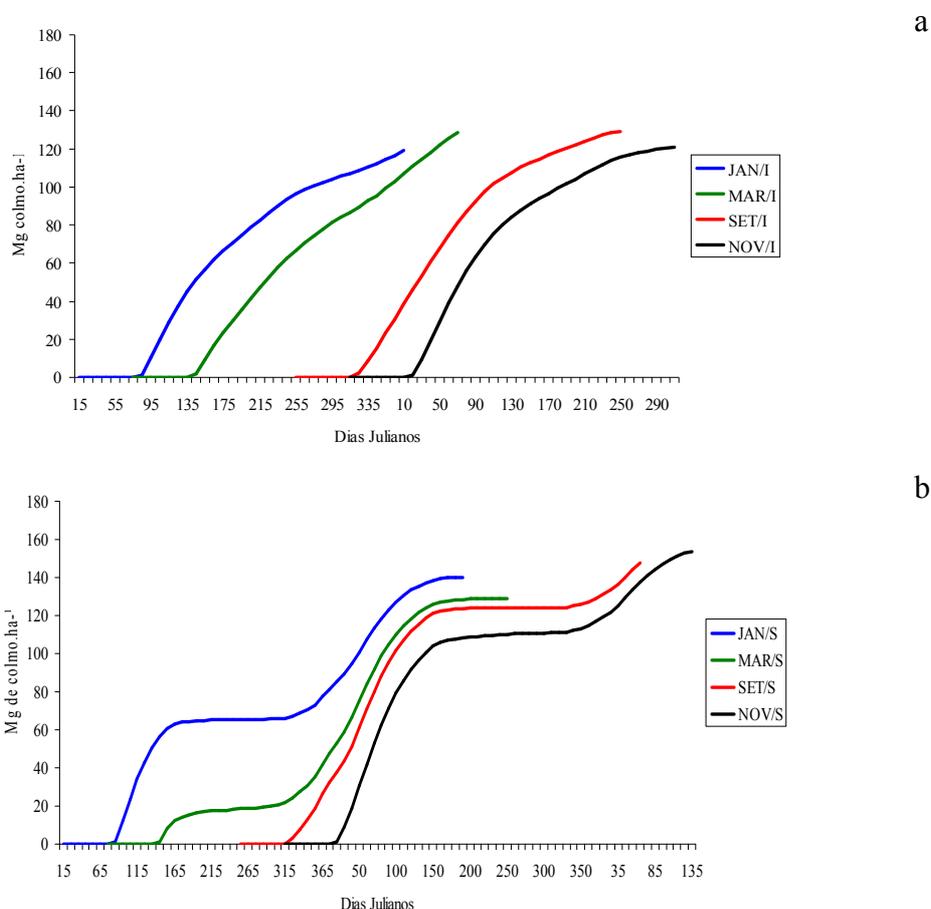


**Figura 4.** Curvas de produtividade de massa fresca em Mg.ha<sup>-1</sup>, em condições não irrigadas, para 1 ano (A) e 1,5 anos (B) de plantio na cidade de Teresina – PI

Nos plantios irrigados (Figuras 5a e 5b) nota-se claramente que as curvas de crescimento apresentaram comportamento semelhante, com uma leve inclinação da curva de SET e NOV, mas nada que pudesse ocasionar uma queda ou estabilização da produtividade.

Diferentemente do que foi visto no sistema de sequeiro, a cana-de-açúcar plantada em setembro, para um ano de plantio, apresentou menor desenvolvimento, em relação às outras épocas de plantio. E os meses de plantio considerados de menor desenvolvimento no período seco, JAN e MAR, em sistema irrigado apresentaram comportamento de crescimento constante, quando produzidos com irrigação.

Nota-se claramente que o padrão de crescimento da cidade de Teresina assemelha-se com a cidade de Gurupi, isso pode ter sido ocasionado pela semelhança entre os balanços hídricos. Os padrões de aumento de produtividade de açúcar apresentaram o mesmo comportamento dos de produtividade de colmos.



**Figura 5.** Curvas de produtividade de massa fresca em Mg.ha<sup>-1</sup>, em condições irrigadas, para 1 ano (A) e 1,5 anos (B) de plantio na cidade de Teresina – PI

Na Tabela 7 são apresentados as produtividades máximas, mínimas e médias simuladas de produtividade de colmos e açúcar e seus respectivos coeficientes de variação (CV), no município de Teresina-PI (TE), em diferentes épocas de plantio e tempo de colheita.

Nos plantios em sequeiro, os coeficientes de variação (CV) variaram de 7,19 a 11,98% e 5,08 a 6,57%, para produtividade de massa fresca e de 9,70 a 23,53% e 5,12 a 8,56% para açúcar, alterando apenas a época de colheita. Resultados melhores dos que vistos para Gurupi,

isso pode ter relação com a pouca variação da radiação, já que Teresina está mais próxima a linha do equador.

SET apresentou a melhor média e CV para SEC1, tanto para produtividade de colmos, quanto para açúcar. Para SEC5, as melhores médias foram para NOV, no entanto, os melhores CVs foram para JAN.

**Tabela 7.** Produtividade de colmos (Mg.ha<sup>-1</sup>) e de açúcar (Mg.ha<sup>-1</sup>) simuladas para as quatro épocas de plantio, sob condições irrigadas e de sequeiro para o município de Teresina – PI

Teresina-PI								
Colmos/ha para 1 ano de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	86,49	105,60	68,81	10,06	138,63	155,04	117,93	8,16
MAR	96,32	116,48	70,55	11,98	149,38	160,69	129,17	6,22
SET	125,33	139,24	104,68	7,19	150,79	159,24	135,92	4,68
NOV	111,92	148,73	98,91	10,25	140,56	155,08	127,87	5,84
Colmos/ha para 1,5 anos de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	140,90	153,03	124,92	5,08	170,92	188,90	154,18	5,34
MAR	128,94	141,59	110,83	6,08	170,13	196,67	152,64	6,61
SET	150,97	168,00	133,69	6,54	173,48	192,61	162,04	5,21
NOV	154,07	178,21	138,52	6,57	174,58	190,95	160,64	4,94
Mg Açúcar/ha para 1 ano de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	7,70	9,99	5,48	19,53	14,58	17,53	9,81	14,33
MAR	6,71	9,40	3,15	23,53	15,12	17,50	10,91	10,66
SET	12,32	14,13	10,13	9,70	17,52	19,75	14,83	6,97
NOV	10,19	14,13	8,80	13,37	15,94	19,39	14,13	8,69
Açúcar /ha para 1,5 anos de plantio								
Plantio	Produtividade Sequeiro				Produtividade Irrigada			
	Média	Máxima	Mínima	CV (%)	Média	Máxima	Mínima	CV (%)
JAN	14,74	16,26	13,66	5,12	19,41	22,22	17,63	7,09
MAR	12,95	14,49	11,10	8,25	19,66	25,62	17,75	9,89
SET	15,98	18,27	14,14	8,56	20,83	26,54	18,88	11,17
NOV	16,59	20,07	15,28	7,62	20,23	24,39	18,25	9,56

SEC5 e IRR1 obtiveram redução dos valores de CV – colmo e CV – açúcar e aumento de produtividade comparado ao SEC1. A redução do CV para colmo em SEC5 foi superior à encontrada em IRR1 para JAN e MAR, apesar de que o IRR1 proporcionou uma produtividade média bastante similar a SEC5, com exceção de MAR em que IRR1 foi maior, e NOV, onde foi menor. A redução do CV na produtividade de açúcar também pode ser visualizada em SEC5 e IRR1, no entanto, principalmente em JAN e MAR, ela é mais sentida em SEC5. Apesar disso, assim como ocorre para produtividade de colmo, a produtividade média é quase similar.

Baseado nessas informações pode-se inferir que a irrigação na cidade de Teresina pode aumentar a produção, no entanto, o produtor pode atingir uma produtividade superior/equivalente a de um sistema irrigado utilizando o corte da cana com 1,5 anos após seu plantio.

Um dos poucos trabalhos da literatura que trata da produtividade da cana-de-açúcar no estado do Piauí foi feito por Andrade Júnior et al. (2009), na cidade de União – PI, localizada a menos de 60 Km de Teresina, utilizando a cultivar RB86-7515, com plantio no final de setembro de 2007 e colheita em junho de 2008. Nesse trabalho foi encontrado a produtividade de 137,9 Mg.ha<sup>-1</sup> para cana irrigada, similar aos valores encontrados para os meses de JAN e NOV, no entanto, vale ressaltar que no experimento desenvolvido por Andrade Júnior et al. (2009) a cana precisou ser cortada antes do tempo devido ao acamamento.

Para a discussão dos dados mais minuciosa foi feita a estatística dos mesmos, nessa estatística foi avaliada a interação entre os manejos (SEC1, IRR1, SEC1.5, IRR1.5) dentro de cada mês e a interação dos meses dentro de cada manejo (Tabela 8). Podemos notar que na produtividade de colmos não há diferenciação estatística nos meses que produziram sob irrigação, mostrando que sob irrigação poderia ser utilizada qualquer época de plantio. O sistema SEC1 também há diferenciação entre os meses de maior produtividade SET e NOV com os de menor JAN e MAR, comentário já feito anteriormente. Em SEC1.5 não há diferenciação entre os meses JAN, SET e NOV.

Analisando individualmente cada mês, podemos notar que em JAN e SET os manejos IRR1 e SEC1.5 não apresentaram diferença, assim, a utilização de um sistema de irrigação com colheita 1 ano depois teria a mesma renda bruta, diluída no período da cultura no campo, que adotar o sistema SEC1.5. No entanto a adoção de uma estratégia irá depender muito de outros fatores que não são levados aqui.

Nos meses de MAR e NOV há diferenciação total da produtividade em relação ao manejo adotado.

**Tabela 8.** Análise estatística dos dados de produtividade média em relação aos meses dentro dos manejos adotado e dos manejos dentro de cada mês de plantio para a cidade de Teresina – PI

Teresina-PI				
meses	Manejo			
	SEC1	IRR1	SEC1.5	IRR1.5
Mg.Colmos.ha <sup>-1</sup>				
JAN	86,49 Aa	138,63 Ab	140,90 ABb	170,92 Ac
MAR	96,32 Aa	149,38 Ac	128,94 Ab	170,13 Ad
SET	125,33 Ba	150,79 Ab	150,97 Bb	173,48 Ac
NOV	111,92 Ba	140,56 Ac	154,07 Bb	174,58 Ad
Mg.Açúcar.ha <sup>-1</sup>				
JAN	7,70 Aa	14,58 Ab	14,74 Bb	19,41 Ac
MAR	6,71 Aa	15,12 Ac	12,95 Ab	19,66 Ad
SET	12,32 Ca	17,52 Bb	15,98 Bb	20,83 Ac
NOV	10,19 Ba	15,94 Ac	16,59 Cb	20,23 Ad

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre as linhas e minúsculas entre as colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade

Nas produtividades de açúcar percebe-se que, diferentemente da de colmos, o sistema IRR1, para o mês de SET apresentou maior valor que os outros meses.

O aumento do ciclo x irrigação proporcionou aumento do coeficiente de variação em relação à produtividade ou SEC1.5, para JAN e MAR na produtividade de colmos, e para todos os meses na produtividade açúcar; apesar de sua produtividade média ser superior a qualquer outro cenário, chegando a estabelecer um valor próximo a 20 toneladas de açúcar por hectare para todas as épocas de plantio. Comparado ao sistema IRR1, os CVs apresentaram valores inferiores nos meses de JAN e NOV, para colmos e JAN e MAR, para açúcar.

As produtividades máximas alcançadas geralmente foram obtidas quando a cana foi plantada no fim do ano, o mesmo que ocorre em Gurupi, a mesma situação ocorre para as produtividades mínimas. Isso pode ser explicado pelo fato de que as características climáticas das cidades são semelhantes.

Assim como ocorre em Gurupi, a sensibilidade do aumento de produtividade de colmos foi menor que o de açúcar, em todos os casos avaliados (TABELA 7). A utilização da irrigação, aumento da época de plantio e a utilização das duas técnicas juntas possibilitaram aumento de produtividade.

**Tabela 9.** Aumento na produtividade de colmo e açúcar (%) devido ao incremento da irrigação e/ou do aumento da época de plantio, para Teresina-TE

Plantio	Irrigação		Aumento do tempo da cultura no campo		Irrigação e Aumento do tempo	
	Colmos (%)	Açúcar (%)	Colmos (%)	Açúcar (%)	Colmos (%)	Açúcar (%)
JAN	60,29	89,47	62,92	91,61	97,63	149,11
MAR	56,71	125,32	35,26	92,63	78,47	190,02
SET	20,31	42,13	20,46	29,32	38,42	65,72
NOV	25,59	56,49	37,66	62,55	55,99	94,74

O maior incremento de produtividade de colmo e açúcar, devido à irrigação, foi para JAN e MAR, sendo esse último o que apresentou melhor incremento de produtividade de açúcar. Os menos sensíveis foram SET e NOV, cujos incrementos de colmos foram inferiores a 26%. Um fato interessante é que, para algumas épocas de plantio, o incremento de irrigação foi menor do que o aumento do período no campo, para açúcar e colmo, ou seja, manter a cultura no campo possibilita incremento de produtividade superior, dependendo da época de plantio, ao incremento devido o uso da irrigação. Essas informações são válidas principalmente para JAN e NOV.

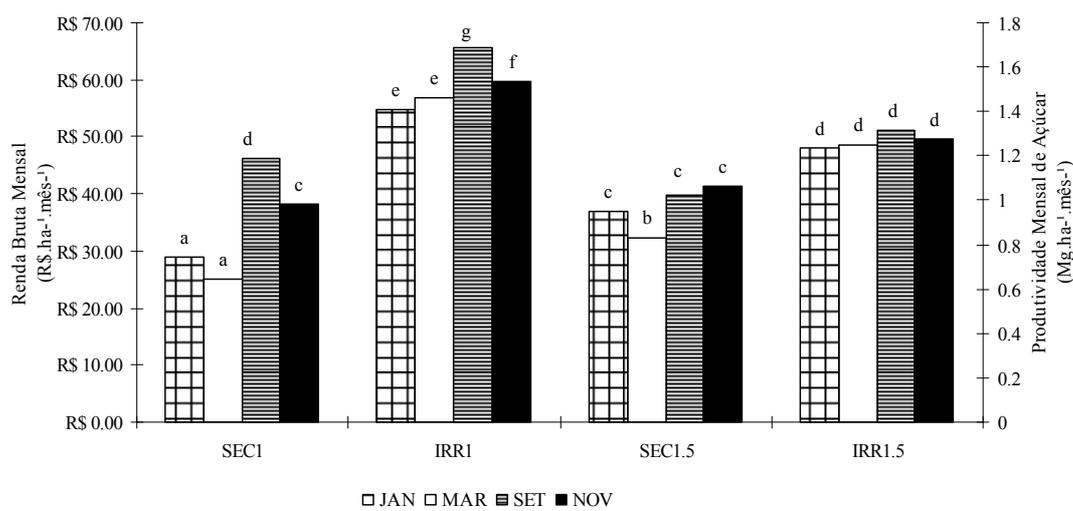
Assim como ocorre em Gurupi, o incremento de produtividade devido à irrigação x aumento da época no campo foi o que apresentou os melhores valores.

O mês menos sensível a adoção de novas técnicas é SET, cujos incrementos de produtividade de colmo só ultrapassam a casa dos 21% quando são empregadas as duas técnicas, mesmo assim, o incremento de produtividade não supera os 40%.

Considerando o preço de venda do açúcar de R\$ 45,00 a tonelada, foram confeccionados os gráficos a seguir (Figura 6). Nota-se que o sistema IRR1 é o que apresenta os maiores valores, mostrando uma maior renda em função das técnicas empregadas. Seguido pelo IRR1, o IRR5 foi o que apresentou os melhores valores, vale ressaltar que para SET, a diferença entre o SEC1 e IRR5 foi de apenas R\$ 4,48 por mês, correspondendo a 10,48%,

sendo valores muito próximos. O sistema SEC5, para SET, é o único dos tratamentos que possibilitou renda inferior a SEC1, com redução de 13,79%.

Em todas as situações os sistemas irrigados, não importando a quantidade de tempo que a cultura é mantida em campo, foram os que apresentaram os melhores resultados, proporcionando um aumento de 89,5; 125,3; 42,1 e 56,5 % em relação ao SEC1. No entanto, assim como ocorre em Gurupi, a diferença entre o sistema SEC5 e IRR5 não é tão superior quanto à diferença entre o SEC1 e IRR1, assim, a tomada de decisão de irrigar e aumentar o período da cultura no campo precisa passar por uma análise econômica mais detalhada, levando em consideração outros fatores que não foram levadas aqui.



**Figura 6.** Renda bruta pelo número de meses da cultura no campo da produtividade de açúcar (R\$) para cada cenário avaliado, nas cidades de Teresina-PI

## 6 CONCLUSÕES

A produtividade atingida em Gurupi variou entre os valores extremos de 102 a 208 Mg.ha<sup>-1</sup>, e em Teresina de 86 a 174 Mg.ha<sup>-1</sup>, no entanto, estas foram superestimadas nos plantios em sequeiro.

A irrigação possibilitou o plantio em diferentes épocas do ano, aumentando a produção de açúcar em no mínimo 52% em Gurupi e 42% em Teresina.

O sistema de plantio com irrigação e colheita após 12 meses de crescimento (IRR1) foi o que apresentou maior renda bruta, para todas as cidades e datas de plantio analisadas;

## 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, F. S. **Resistência à seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CANA-DE-AÇÚCAR. **Agrianual 2009**: Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, p. 249, 2009.

CHEEROO-NAYAMUTH, F.C.; ROBERTSON, M.J.; WEGENER, M.K.; NAYAMUTH, A. R. H. Using a simulation model to assess potential and attainable sugar cane yield in Mauritius. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.66, p.225-243, 2000.

DARLI, A. B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane**. Waltham, Chronica Botanica, Massachussets. 1952. 371 p.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar**. Subsídios Técnicos para a Agenda Brasileira de Bioetanol. Relatório final. Brasília, DF, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009. 337 p.

GODOY, A. P. **Modelagem de processos de acumulação de biomassa e de açúcar da cana-de-açúcar via sistemas nebulosos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

HEINEMANN, A. B.; SILVA, S. C. da; LOPES JUNIOR, S.; AMORIM, A. O.; ANDRADE, C. L. T.; BASTOS, E. A.; PAZ, R. L. F. da. **Características climáticas dos municípios de Santo Antônio de Goiás (GO), Porangatu (GO), Janaúba (MG), Sete Lagoas (MG), Parnaíba (PI) e Teresina (PI)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2007. 36p. (Documentos, 214).

INMAN-BAMBER, N.G. CANEGRO: its history, conceptual basis, present and future uses. In: Robertson, M.J. (Ed.) **Research and modelling approaches to assess sugarcane production opportunities and constraints**. University of Queensland, Brisbane, 1994. p. 31-34.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. de. **Solos e aptidão agrícola das terras do Estado do Tocantins**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 27 p.

MARIN, F. R.; JONES, J. W.; ROYCE, F.; SUGUITANI, C.; DONZELI, J. L.; PALLONE FILHO, W. J.; NASSIF, D. S. P. Parameterization and evaluation of predictions of DSSAT/CANEGRO for sugarcane Brazilian productions systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, p. 100-110, 2011.

MARIN, F. R.; SUGUITANI, C.; PALLONE FILHO, W. J. ; POLZER, D.L. ; VIANA, M.S. Avaliação do modelo canegro/dssat para quatro cultivares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2009, Belo Horizonte. Anais... Campinas : SBAGRO, 2009. v. 1.

O'LEARY, G. J. Modeling sugarcane production systems i. development and performance of sugarcane module. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 61, p. 253–271, 1999.

SCARPARI, M. S. **PREDPOL**: Um modelo de previsão da maturação da cana-de-açúcar visando planejamento otimizado. 2007. 120p. (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; ALVES JÚNIOR, J.; SOUZA, A. B.; MELO, F. B.; COELHO FILHO, M. C. Calibration of a capacitance probe In a paleudult. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 64, n. 6, p. 636-640, 2007.

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal Agronomy & Crop Science**, Madison, v. 185, p. 83-89, 2000.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot, mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal Agronomy & Crop Science**, Madison, v. 185, p. 249-258, 2000.