



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II
 COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

EDITADO POR
 PARÁIBA





UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
 CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 "COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AERONÁUTICA"



DISSERTAÇÃO

ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA AERONÁUTICA

RESPOSTA DA DINA DE AÇÃO PERIGOSA
 EM DIFERENTES NÍVEIS DE ALCANCE

AUDENICE FREZERA DA SILVA

Campina Grande - Paraíba
 OUTUBRO - 2011

AUDENICE BEZERRA DA SILVA
Engenheira Agrícola

**RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências do Curso para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem

CAMPINA GRANDE
Estado da Paraíba - Brasil
Outubro - 2002



FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL

Tema: "Resposta da cadeia alimentar humana e impactos ambientais da agricultura"

BANCA EXAMINADORA

PARTECIPAR

[Handwritten signature]

Dr. José de Azevedo de Azevedo-Orientador

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Dr. Raimundo Mota de Azevedo-Orientador

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Dr. José Roberto Neto-Orientador

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Dr. Sérgio Luiz Aguiar Leves-Orientador

[Handwritten signature]

OUTUBRO 2002

A meus pais, **Antônio Cirio da Silva e
Audacy Bezerra da Silva**

MINHA HOMENAGEM

A meus **IRMÃOS e SOBRINHOS,**
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pela luz da vida e por sua grandeza sobre todas as coisas.

A meus pais, irmãos e sobrinhos, pelo incentivo e carinho em todos os momentos.

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela oportunidade concedida à realização deste trabalho, em particular às Secretárias Rivanilda e Cida, pelo apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos orientadores Prof. Dr. José de Arimatea de Matos e Prof. Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo, pelos ensinamentos ministrados, apoio e orientação em prol deste trabalho, sobretudo pela compreensão, consideração, respeito e amizade.

Ao Diretor Superintendente da Destilaria Miriri, Gilvan Celso Cavalcanti de Moraes Sobrinho, pelo financiamento de todos os custos na condução da pesquisa em campo e pelo fornecimento de todas as informações tecnológicas necessárias ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Engenheiro Químico Emanuel Pinheiro de Melo, Diretor Industrial da Destilaria Miriri, e a toda sua equipe, pelo fornecimento de bibliografias, realização das análises de laboratório e assessoramento na interpretação dos parâmetros tecnológicos.

Ao Gerente Agrícola da Destilaria Miriri, Gabriel Saturnino de Oliveira e à sua equipe de campo, em particular ao Técnico Francisco Lourival de Souza e ao encarregado dos pivôs Geraldo Rodrigues, pelo apoio na implantação, condução do experimento e coleta dos dados de Campo.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, PB (Área de Concentração Irrigação e Drenagem) pela transmissão dos valiosos conhecimentos durante a realização do curso.

Aos colegas de curso que, de forma direta ou indireta, contribuíram com sua amizade e apoio.

E aos funcionários do Laboratório de Irrigação, pela atenção e apoio.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SIMBOLOS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
ANEXOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1.0 INTRODUÇÃO	I
2.0 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A Planta e o Meio	3
2.2 Ciclo Fenológico	9
2.3 Necessidades Nutricionais	13
2.4 Necessidades Hídricas	20
3.0 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Localização, Caracterização da Área, Solo, Cultura e Clima	23
3.2 Delineamento Estatístico	24
3.3 Variáveis Avaliadas	28
3.4 Análise Econômica	29
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Lâmina de Irrigação e Níveis de Adubação	31
4.2 Parâmetros Organográficos	31
4.3 Parâmetros Tecnológicos	37
4.4 Produção de Colmos	41
4.5 Rendimento Bruto de Açúcar	43
4.6 Rendimento Bruto de Álcool	45
4.7 Análise Econômica	47
5.0 CONCLUSÕES	49
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
7.0 ANEXOS	58

LISTA DE ANEXOS

Tabela		Página
20	Quantidades líquidas programadas e aplicadas de água, em mm	57
21	Valores médios dos comprimentos dos colmos, em m	59
22	Valores médios dos diâmetros dos colmos, em mm	59
23	Valores médios dos números de internódios por colmo	59
24	Valores médios dos pesos dos colmos, em kg	59
25	Valores médios da fibra industrial dos colmos, em %	60
26	Valores médios da sacarose (Pol do caldo em %)	60
27	Valores médios dos sólidos (^o Brix em %)	60
28	Valores médios da pureza do caldo, em %	60
29	Valores médios de açúcar (PCC) contida nos colmos, em %	61
30	Valores médios da Produção de colmos, em t ha ⁻¹	61
31	Valores do Rendimento bruto de açúcar, em t ha ⁻¹	61
32	Valores médios do Rendimento bruto de álcool, em L ha ⁻¹	61

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi estudar o comportamento da cana-de-açúcar planta irrigada sob diferentes níveis de adubação. Especificamente, foram estudados os parâmetros organográficos: comprimento, diâmetro e número de internódios dos colmos, peso dos colmos e os parâmetros tecnológicos: fibra industrial da cana-de-açúcar, percentuais de sacarose (POL), sólidos solúveis (^oBrix), pureza do caldo, quantidades de açúcar contida no colmo (PCC), produção de colmos, rendimento bruto de açúcar e álcool. O sistema de irrigação utilizado foi o pivô central móvel com lâmina de aplicação de 27,5mm por turno de rega de 12 dias. A lâmina aplicada no experimento representa a irrigação praticada na usina, equivalente a 52% da necessidade total da planta para região, caracterizando-se como irrigação suplementar. As parcelas foram constituídas de cinco linhas espaçadas 1,0 m com 12,0 m de comprimento. A variedade estudada foi a SP – 716949, plantada em agosto de 2000 e colhida em 30 de setembro de 2001. Para o experimento foi usado o delineamento estatístico em blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições, que consistiu em se aplicar quatro níveis de adubação de cobertura (N₁, N₂, N₃, N₄). Os resultados obtidos mostraram crescimento da produção de açúcar e de álcool, e também da receita líquida, com o aumento dos níveis de nutrientes (N, P₂O₅, K₂O). Concluiu-se que o tratamento N₂ apresentou a melhor relação benefício/custo por unidade monetária aplicada.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the sugar-cane yield irrigated with different levels of fertilization. It had been studied growth parameters: length, diameter and number of nodes in the culms, culms weight and the technological parameters: the sugar-cane industrial fiber, rate of sugar (POL), soluble solids ($^{\circ}$ Brix), juice purity, rates of sugar in the culms (PCC), culms production, gross yield of sugar and alcohol. The irrigation system used was central pivot, with total water depth of 27,5mm each 12 days. The total water depth applied in the experiment, represents the irrigation in the alcohol plant, 52% of the total necessity for the region, which means a supplementary irrigation. The parcel of land had 1,0 \times 12,0 m with fine lines. The variety studied was SP 71 6949, planted in August 2000 and gathered in September 2001. It was used randomized blocks with four treatments and three repetitions, it means that it was applied four levels of covering fertilization (N₁, N₂, N₃, N₄). The results showed that the sugar and alcohol production increased, and in the liquid rate, too, when the levels of nutrients (N, P₂O₅, K₂O) increased. We concluded that the N₂ treatment showed the best cost-efficiency by monetary unit applied.

1.0 – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o nordeste brasileiro vem sofrendo com as baixas precipitações ocorridas na região, que ocasionaram queda na produção de cana-de-açúcar, levando os produtores a recorrerem às novas técnicas de cultivo, como é o caso da irrigação, usada como prática suplementar.

O desenvolvimento completo da cana-de-açúcar requer temperatura média anual superior a 20 °C e precipitações pluviométricas mínimas de 1200 mm. Períodos longos de seca ou temperaturas inferiores a 12 °C, impedem o seu desenvolvimento, comprometendo a sua produção (Passos et al., 1973).

É importante enfatizar que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com uma produção de 326,13 milhões de toneladas gerando uma receita anual de 6,65 bilhões de reais, sendo a região Sudeste a que se destaca em primeiro lugar no País com uma produção de 217,21 milhões de toneladas, seguida da Região Nordeste, com 58,86 milhões de toneladas (IBGE, 2000).

O açúcar contribui com 4% na formação do produto interno bruto e o setor sucroalcooleiro, como um todo, representa 1,2 milhões de postos de emprego em toda a cadeia produtiva, representando 600 vezes mais que os postos gerados pelo setor de petróleo (ICIDCA, 1999).

O estado da Paraíba ocupa a sexta posição no cenário nacional, produzindo 8,9 milhões de toneladas, o que lhe confere uma receita anual de 120 milhões de reais, fazendo com que a cana-de-açúcar seja o produto, dentro da agropecuária, mais importante

do Estado, seguido de: bovinos (R\$ 44 milhões), banana (R\$ 17 milhões), milho em grãos (R\$ 13 milhões), abacaxi (R\$ 10 milhões) e inhame (R\$ 10 milhões) (IBGE, 1996).

A produção da cana-de-açúcar no Estado é a mais baixa entre os oito maiores Estados produtores do País: Mato Grosso ($96,5 \text{ t ha}^{-1}$), Goiás ($73,4 \text{ t ha}^{-1}$), São Paulo ($72,9 \text{ t ha}^{-1}$), Paraná ($73,4 \text{ t ha}^{-1}$), Minas Gerais ($56,9 \text{ t ha}^{-1}$), Alagoas ($55,7 \text{ t ha}^{-1}$), Pernambuco ($43,3 \text{ t ha}^{-1}$) e Paraíba ($41,2 \text{ t ha}^{-1}$) (IBGE, 1996). Os maiores motivos para a baixa da produtividade no estado são: o empobrecimento dos solos e a pluviosidade insuficiente, fatos que apontam para uma política de pesquisa com adubação e irrigação da cultura, visando resultados diretos como aumento da produtividade e rendimento de açúcar e/ou álcool. Como efeito indireto, tem-se a possibilidade de diminuição da área plantada minimizando custo de transporte, insumos (exceto a água), plantio e tratos culturais, além de liberar área para diversificação e/ou rotação de culturas e reflorestamento.

As técnicas de adubação utilizadas pelos produtores geralmente são pré-formuladas, ou seja, conforme a dosagem recomendada pelo fabricante; faz-se necessário a implantação de técnicas no cultivo da cana-de-açúcar, para que não ocorra queda na produtividade nem no rendimento de açúcar e/ou álcool visto que a adubação é uma prática indispensável para o aumento ou a manutenção da produtividade da cana-de-açúcar em níveis adequados, exercendo significativa participação no custo de produção da cultura. Dentro desta perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo principal estudar o comportamento da cana-de-açúcar planta (*Saccharum L.*, variedade SP 71 6949) irrigada sob diferentes níveis de adubação. Especificamente, foram estudados os parâmetros organográficos: comprimento, diâmetro e número de internódios dos colmos, peso dos colmos e os parâmetros tecnológicos: fibra industrial da cana-de-açúcar, percentuais de sacarose (POL), sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), pureza do caldo, quantidades de açúcar contida no colmo (PCC), produção de colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool.

2.0 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – A Planta e o Meio

A cana-de-açúcar é uma gramínea pertencente ao gênero *Saccharum Officinarum* L. da classe das Monocotiledôneas, Família Gramineae Endl. Gen 77. Lindl. veg. Kindgd. 106; própria de climas tropicais e subtropicais, desenvolve-se formando touceira e é constituída por uma parte aérea e outra subterrânea formada por raízes e rizomas. Suas flores são pequenas, praticamente destituídas de perianto e protegidas por brácteas e bractéolas secas, reunidas em típicas inflorescências. O fruto é seco do tipo cariopse e com semente de endosperma abundante (Aranha & Yahn, 1987).

Segundo Haag et al. (1987) o crescimento aéreo da cana-de-açúcar expresso em termos de alongamento, inclui o aumento da matéria seca que compreende o aumento do tamanho, e o peso da planta que, por sua vez, depende dos fatores: variedade, idade, umidade, fertilizante, temperatura, luz, vento, condições físicas do solo e da superfície foliar.

A cana-de-açúcar é uma das que possuem maiores qualidades, entre as culturas comerciais, por sua eficiência de assimilação de fotossíntese e capacidade de produzir massa verde composta por açúcares, amidos, proteína e compostos lignocelulósicos, todos eles matérias-primas para um amplo campo de produções de importância econômica (Taupier & Rodriguez, 1999).

Alfonsi et al. (1987) afirmam que a cultura apresenta larga escala de adaptação, cultivada principalmente em regiões situadas entre os paralelos 35° N e 35° S do Equador, sendo que no Brasil as variações climáticas possibilitam duas épocas de colheitas anuais, uma no Norte – Nordeste, de setembro a abril e a outra no Centro – Sul, de junho a dezembro. Para Passos et al. (1973) no Nordeste se planta de julho a novembro, iniciando-se a safra em dezembro e se prolongando até maio. No Sul, planta-se a cana em dois períodos: o primeiro de setembro a dezembro, para produzir “canas de ano e meio” e segundo, de fevereiro a março, para as canas de “ano”, que se cortam com 12 a 14 meses.

Em plantios comerciais a cana-de-açúcar é propagada assexuadamente através de estacas de duas ou três gemas. Cada se gema desenvolve em colmo primário que, por sua vez, dá origem a colmos secundários, dos quais brotam colmos terciários, e assim, sucessivamente, formando touceira. E nos primeiros 30 dias de brotação das gemas, a planta vive das reservas de nutrientes contidas na estaca e, parcialmente, do suprimento de água e de nutrientes proporcionado pelas raízes de fixação. Após este período inicia-se o desenvolvimento das raízes dos perfilhos primários e, posteriormente, dos secundários, e assim sucessivamente (Bacchi, 1983).

Rocheouste (1967) apud Bacchi (1983) afirma que, a medida em que essas raízes se vão desenvolvendo, as raízes de fixação vão perdendo sua função e cerca de 90 dias após o plantio, a cana planta passa a depender exclusivamente das raízes dos perfilhos.

Segundo Blanckburn (1984) o desenvolvimento do sistema radicular se inicia com as raízes de fixação que, após a brotação das gemas, irão suprir as estacas; a proliferação das raízes é favorecida pelas condições de água disponível e aeração do solo; a distribuição do sistema radicular apresenta aproximadamente 50% (em peso) de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade e 85% até os 60 cm de profundidade do solo.

O sistema radicular apresenta desenvolvimento restringido nos primeiros estágios de vida da planta e as superfícies absorventes são pequenas. Quando o sistema radicular aumenta em tamanho e crescem novas folhas, o desenvolvimento se acelera (Humbert, 1974).

As folhas são alternadas, opostas e presas aos nós dos colmos. A parte superior da folha é conhecida como lâmina, e a parte inferior, que envolve o colmo, como

bainha. A lâmina é uma estrutura alongada, plana, cujo comprimento varia de 0,5 a 1,5 m e a largura vai de 2,5 a 10,0 cm (Bacchi, 1983).

Segundo Aranha & Yahn (1987) as folhas são simples, alternas, estreito-lanceoladas de ápice longamente acuminado, com os bordos serrados por pêlos simples rijos e alvo-translúcidos; na face superior, de coloração verde e com nervura central bastante desenvolvida, longitudinalmente canaliculada, sendo as nervuras laterais paralelas, bem aproximadas e protuberantes; na face inferior, de coloração um pouco pálida, glabras, com nervura central carenada; apresentam a bainha invaginante, bem desenvolvida, auriculada, com a lígula entre a lâmina e a bainha na região denominada colar, onde se pode observar numerosos pêlos simples, longos e alvo-translúcidos.

No seu estágio de máximo desenvolvimento, a cana-de-açúcar apresenta uma área foliar que corresponde a aproximadamente sete vezes área de solo ocupada, conferindo à cultura grande capacidade fotossintética e grande capacidade de troca de substâncias (água, gases e nutrientes) com a atmosfera (Fauconnier & Bassereau, 1975).

O colmo da cana-de-açúcar apresenta-se de forma cilíndrica, ereta, fibrosa, composto de nós e entrenós (internódios). O colmo constitui-se num reservatório onde, em condições favoráveis à maturação, é acumulada grande quantidade de sacarose. É composto por uma sucessão de internódios em diferentes estádios fisiológicos, isto é, internódios maduros, em maturação e imaturos. Novos internódios são emitidos em intervalos de aproximadamente 10 dias (Glasziou et al., 1965).

Os colmos de algumas variedades de cana-de-açúcar são mais frágeis que outros e facilmente quebrados por implementos ou ventos fortes. Esta característica está associada à quantidade e à distribuição de fibras. As variedades diferem consideravelmente quanto ao teor de fibra, que varia de 9% em algumas muito macias e 17% em outras finas e duras. Os fatores que mais interferem no crescimento dos colmos, são: umidade, adubação, temperatura, luz e área foliar (Bacchi, 1983).

O diâmetro desejável dos colmos é uma variedade de diâmetro médio. Colmos excessivamente finos, ou irregulares, são indesejáveis, e os colmos grossos são negativamente correlacionados ao número de perfilho, assim como há evidência de apresentarem uma brotação de soqueira ruim (Guilherme Jr, 1987).

A cana-de-açúcar é uma planta do grupo C_4 , em que as plantas desse grupo em geral possuem maior eficiência fotossintética devido, provavelmente, à compartimentação de enzimas e às características anatômicas das folhas, tendo como consequência taxa de fotorrespiração baixa ou ausente (Machado, 1987). Ainda segundo este autor, a produtividade da cana-de-açúcar depende da eficiência da integração do seu sistema produtivo formado pelas folhas fotossinteticamente ativas, do escoamento e distribuição do produto fotossintetizador, do consumo pela planta no seu desenvolvimento e reprodução e do acúmulo e armazenamento de sacarose.

Matherne & Irvine (1978) afirmam que o número de colmos colhidos por unidade de terreno é um dos componentes que mais afetam a produtividade em cana.

Para van den Berg et al. (2000) existe uma relação entre o rendimento da cana-de-açúcar e o volume de raízes, pois afirmam que o rendimento da cultura é tanto maior quanto o for o volume de raízes por camada.

Doorenbos & Kassan (1979) relatam que os rendimentos da cana produzida em condições de sequeiro nos trópicos úmidos, variam entre 70 a 100 t ha^{-1} de cana-de-açúcar e, nos trópicos e subtropicos secos, com irrigação, entre 100 e 150 t ha^{-1} , sendo considerados bons. Os autores comentam, ainda, que o teor de açúcar parece diminuir ligeiramente com o aumento dos rendimentos da cultura e, para isto, deve-se evitar o crescimento exuberante durante a maturação da cana, o que pode ser obtido com temperaturas baixas, nível reduzido de nitrogênio e suprimento limitado de água. E a pureza do suco é afetada positivamente por temperatura abaixo da mínima, durante várias semanas antes da colheita.

Silva (1983) afirma que a produtividade média da cana-de-açúcar, considerando-se as diversas regiões brasileiras, está bem aquém daquelas obtidas em outras regiões açucareiras; enquanto a região Norte - Nordeste apresenta uma produtividade da ordem de 4 t de açúcar ha^{-1} e a região Centro - Sul de 6,0 a 6,5 t de açúcar ha^{-1} , outros centros produtores, tais como Austrália e África do Sul, conseguem 11,2 e 10,5 t de açúcar ha^{-1} , respectivamente.

Na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar os principais fatores que interferem são a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida

(César et al., 1987). As variedades utilizadas para produção de açúcar e álcool ou aguardente, devem apresentar boa produção na cana – planta e soqueiras, teor elevado de sacarose, porte ereto, adaptabilidade aos vários tipos de solo, resistência às pragas e moléstias e despalha fácil (Graner, 1964).

Segundo Hansen (2000) os patógenos de plantas são extremamente prejudiciais à agricultura. E a ação de parasitas como vírus, larvas de insetos nematóides (vermes) diminui a produtividade das plantas e gera perdas de bilhões de dólares, a cada safra, no mundo inteiro. Várias são as estratégias de se introduzir defesas contra parasitas em plantas transgênicas, em que uma delas é introduzir um gene do *Bacillus thuringiensis*, que produz uma proteína tóxica aos insetos.

Landell et al. (1999) estudando doze clones de cana-de-açúcar, provenientes de hibridações realizadas em 1982 na região de Ribeirão Preto (SP) avaliaram as produtividades de cana e açúcar, pol % cana, fibra % cana, produção de colmos e intensidade de florescimento, tomaram como padrão as variedades SP 70-1143, SP 71-1406, IAC 64- 257 e RB 76- 5418, e observaram que o clone IAC 82- 2045 apresentou desempenho equivalente, caracterizando-se como material de alta produtividade agrícola, boa riqueza, com a maturação do meio para o final de safra, podendo então ser incluído em novos estudos de manejo varietal para outras condições paulistas.

Galvani et al. (1997) estudando os efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar em cinco municípios do Estado de São Paulo, obtiveram produtividade maior nos espaçamentos menores, pelo fato de haver maior índice de área foliar nos espaçamentos menores e, conseqüentemente, maior acréscimo na taxa líquida de fotossintetizados, em função da maior absorção da radiação solar. A redução de espaçamento de 1,80 para 0,90 m, acarretou acréscimos da ordem de 9% na produtividade agrícola, representando um montante de 9,24 t de cana-de-açúcar por hectare.

Pesquisas referentes a diferentes espaçamentos em cana-de-açúcar, mostraram que a produtividade é ligeiramente maior nos espaçamentos na faixa de 1,0 m, em comparação com aqueles situados em torno de 2,0 m. Para Passos et al. (1973) a cana cultivada com espaçamento de 1,0 m nos ensaios, produziu pouco mais que a plantada com 1,20 m, e assim sucessivamente, até 1,60 m. O diâmetro da cana-de-açúcar não influenciou no

espaçamento. Com cana-de-açúcar fina, média ou grossa, os resultados foram os mesmos. Além da maior produção, outras vantagens decorrem dos espaçamentos menores: a cana-de-açúcar “fecha” mais depressa havendo, portanto, economia nos tratamentos culturais, já que o número de capinas necessárias se mostra menor. E a desvantagem existente no menor espaçamento está na dificuldade maior em sulcar e tratar as culturas com equipamentos mecânicos. Também a adubação da soca e o enleiramento do palhico ficam difíceis recomendando-se, portanto, o espaçamento de 1,30 a 1,50 m.

Scardua & Rosenfeld (1987) estudando a produtividade de cana-de-açúcar em vários países, encontraram valores de 135 a 200 t ha⁻¹ para a cana planta irrigada por sulco e 70 a 235 t ha⁻¹ para cana irrigada por aspersão; para a cana planta não irrigada, a produtividade variou de 62 a 116 t ha⁻¹, enquanto a produtividade média de 7 cortes de cana irrigada por sulco no município de Araras, SP, foi de 97 t ha⁻¹ e, para a cana-de-açúcar não irrigada, de 75,8 t ha⁻¹.

Segundo o IBGE (2000) o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção de 326,13 milhões de toneladas gerando uma receita anual de R\$6,65 bilhões.

Uma análise retrospectiva de oferta de cana-de-açúcar no mundo, referente ao período 1990-2000, consolida o Brasil e a Índia como os grandes líderes da lavoura, e o Vietnã como o menor produtor, conforme a Tabela 1.

Segundo Doorenbos & Kassam (1979) a floração da cana é controlada pela duração do dia e influenciada pelo suprimento de água e nitrogênio; tem efeito prejudicial progressivo sobre o teor de sacarose. Portanto, normalmente evita-se a floração ou se utilizam variedades que não florescem. A cana-de-açúcar não necessita de um tipo especial de solo, pois os melhores são aqueles com mais de 1,0 m de profundidade, embora seja possível ocorrer enraizamento profundo de até 5,0 m.

Para Taupier (1999) o ciclo de crescimento e maturação se repete anualmente, num curso de 12 a 14 meses. Em alguns países, a cana-de-açúcar é cortada ao termo de um ciclo anual e, noutros, se faz depois de dois ciclos, com o objetivo de obter maior massa de cana-de-açúcar por hectare.

Passos et al. (1973) dizem que a cana-de-açúcar se desenvolve bem em solos com pH entre 5,5 e 6,5 pois os mais ácidos exigem o emprego de calcário. É uma cultura que se desenvolve bem em solos arenosos, mas tem melhor desempenho em solos profundos, argilosos, com boa fertilidade e boa capacidade de retenção de água. As áreas muito declivosas, de mecanização difícil, devem ser evitadas, como também as de baixadas e de difícil circulação de ar.

Como para cada plantio são feitos três a quatro cortes, fazem-se necessários, para o preparo do solo, duas operações: aração e gradeação. A aração destrói os restos da cultura anterior incorporando-as ao solo e revolvendo-o, tornando-se menos compacto, aumentando, com isto, a sua aeração, propiciando a penetração e o desenvolvimento das raízes. E a gradeação complementa a aração pois elimina os torrões do solo, tornando-se a superfície mais uniforme.

Os solos cultivados com cana-de-açúcar no território brasileiro, segundo Rizzo & Orlando Filho (1980); Gloria & Orlando Filho (1983) são:

- São Paulo: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, Latossolo Vermelho-Escuro Orto, Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura média e o Latossolo Vermelho-Escuro textura média
- Pernambuco e Alagoas: Latossolo Amarelo e o Podzólico Vermelho Amarelo com pequena contribuição de Aluviais e Hidromórficos

- Exigência hídrica total: 1200 – 1800 mm

O autor afirma, ainda, que a cana-de-açúcar com temperaturas menores que 20 °C resulta em atraso na germinação das gemas, redução na capacidade de perfilhamento das plantas, diminuição do comprimento, diâmetro e número de internódios do colmo. E temperaturas superiores a 35 °C reduzem a capacidade de perfilhamento e crescimento das plantas, sendo que a partir dos 38 °C o crescimento é praticamente nulo.

Para Magalhães (1987) a luz (intensidade e qualidade), a concentração de CO₂, a disponibilidade de água e de nutrientes e a temperatura, são os fatores ambientais que mais influenciam na bioconversão de energia na cana-de-açúcar.

Quanto à luminosidade, deve-se destacar que não há influência na germinação, o perfilhamento é favorecido por altas intensidades luminosas, o número de brotos vivos está diretamente relacionado à quantidade de luz incidente, o teor de sacarose no caldo é diretamente influenciado pela quantidade de luz e o crescimento do colmo aumenta para comprimento de dias de 10 a 14 h e diminui em condições de fotoperíodos longos, de 16 a 18 h (Silva Júnior, 2001).

A eficiência fotossintética da cana-de-açúcar é alta e o ponto de saturação luminoso e, quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada pela cultura e, conseqüentemente, maior o seu desenvolvimento e açúcar e acúmulo de açúcares (Alfonsi et al., 1987). Esses autores afirmam, também, que o total de precipitação anual nas áreas tradicionais de canaviais do Brasil está em torno de 1100 a 1500 mm, devendo ser abundante no período de crescimento vegetativo da planta e um período seco durante a maturação, induzindo a um acúmulo maior de sacarose, e que, se o teor de água nas folhas atingir o ponto de murchamento, a atividade fotossintética será extremamente reduzida.

Para Passos (1973) a precipitação pluviométrica mínima é de 1200 mm para o completo desenvolvimento da cana-de-açúcar e uma temperatura média anual superior a 20 °C. Dependendo do clima, as necessidades hídricas da cana-de-açúcar são de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo (Doorenbos & Kassam, 1979).

Nos municípios canavieiros do estado da Paraíba, a precipitação pluviométrica média anual, tomando-se como representativos Santa Rita, Mamanguape e Rio Tinto é em torno de 1500 mm (Hargreaves, 1973).

Conforme a EMBRAPA (1994) a precipitação média nos tabuleiros costeiros do Nordeste varia de 500 mm nas regiões mais secas, como as do Rio Grande do Norte, até 1500 mm no extremo Sul da Bahia.

2.3 – Necessidades Nutricionais

Anderson (1992) comenta que, na maioria das vezes, na cultura da cana-de-açúcar as desordens nutricionais podem ser observadas visualmente, tornando-se difícil ou impossível uma observação visual dos distúrbios nutricionais em relação às doenças, injúrias químicas, estresses ambientais (temperatura, inundação, adubações excessivas e desequilíbrios nutricionais).

Para Haag et al. (1987) as deficiências nutricionais podem decorrer de nível baixo do nutriente na solução do solo ou substrato; existência de nutrientes no solo de forma indisponível; concentração excessiva de um nutriente ou elemento no solo podendo induzir carência de um outro nutriente na planta; e concentração de um elemento tóxico às plantas, induzindo à carência de determinado nutriente na planta. As deficiências de nutrientes para cana-de-açúcar no Brasil, são: nitrogênio e fósforo, em todos os Estados da Federação; potássio (São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Alagoas); cálcio e magnésio (Alagoas); boro (Goiás e Mato Grosso); cobre (Sergipe, Pernambuco, Rio de Janeiro e Alagoas); ferro (Alagoas, Sergipe, Pernambuco e Santa Catarina); manganês (Alagoas, Sergipe, Pernambuco); zinco (Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Goiás, Mato Grosso e Rio Grande do Norte).

Orlando Filho (1992) afirma que no Nordeste do Brasil as deficiências de zinco em cana-de-açúcar aparecem com frequência em solos de “tabuleiros” e que se tem encontrado resultados positivos com efeitos residuais com aplicação de 7 kg ha^{-1} de Zn, na forma de sulfato, no fundo do sulco de plantio.

Para Mathieu (1979) as produções dobram em diversas culturas, mediante o emprego de técnicas e adubações recomendadas e, dependendo da cultura, as respostas aos fertilizantes variam de 37 a 97%.

A absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar nos primeiros cinco meses de idade é pequena, aumentando intensamente daí em diante, chegando ao nono mês contendo 50% de potássio, cálcio e magnésio e um pouco mais de 30% de nitrogênio, fósforo e enxofre do total que absorve durante o ciclo vegetativo; do nono ao décimo segundo mês, a absorção de nitrogênio é ainda mais intensa acumulando 90% do total extraído pela planta; o fósforo é absorvido durante todo o ciclo da planta; e 100 toneladas de colmos frescos extraem 132 kg de nitrogênio; 17,4 kg de fósforo; 133,4 kg de potássio; 19,0 kg de cálcio; 31,3 kg de magnésio; 12,2 kg de enxofre; 0,003 kg de ferro; 0,002 kg de manganês; 0,002 de molibdênio e 0,486 kg de zinco (Coelho, 1973).

Dillewinjn (1952) apud Silva & Casagrande (1983) estudando sobre a extração e remoção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, verificou que a cana-planta é mais eficiente na utilização de nitrogênio que a cana-soca, de acordo com estudos realizados no Hawai, onde a cana-planta necessitou de 0,9 kg N t⁻¹ de colmo produzido e a soca 1,3 kg N t⁻¹. E Catani et al. (1959) observaram, no estado de São Paulo, as seguintes quantidades máximas de macronutrientes e silício extraído por toneladas de colmos de cana - planta: 1,32 kg de N, 0,21 kg de P₂O₅, 1,31 kg de K₂O, 0,36 kg de CaO, 0,32 kg de MgO, 0,14 kg de S e 0,93 kg de Si. Embora o silício não seja essencial aos vegetais, o mesmo foi absorvido em quantidade elevada.

Lifang et al. (2001) estudando na província de Yunnan, na China, o efeito do fósforo, potássio, enxofre e magnésio no rendimento e na qualidade da cana-de-açúcar, afirmam que P, K, S e Mg tiveram efeitos positivos no rendimento da cultura e que esses macronutrientes somados com N aplicando-se uma taxa alta fixa de 350 kg ha⁻¹, o efeito no rendimento foi crescente; considerando-se que 60% da área de produção de açúcar de Yunnan colhem menos de 45 t ha⁻¹, este estudo demonstrou o potencial para aumentar a produtividade de açúcar Provinciano, usando-se fertilização equilibrada, de maneira eficiente e lucrativa.

2.4 – Necessidades Hídricas

Giacomini et al. (1996) afirmam que as usinas da região norte fluminense, que investiram em irrigação na última década, além do aumento da produtividade em colmos, têm usufruído benefícios indiretos, como a substituição parcial ou total da adubação, devido à utilização total de efluentes na fertilização da cultura por intermédio da água de irrigação, evitando o despejo nos cursos d'água da região e aumentando a longevidade do canavial irrigado.

A necessidade de água da cana-de-açúcar é função do ciclo fenológico, ciclo da cultura, da variedade, do clima e outros fatores, como a disponibilidade de água no solo (Scardua & Rosenfeld, 1987).

Rosenfeld et al. (1984) concluíram que a ocorrência de déficit hídrico que proporciona maiores diminuições nas produtividades de cana planta, se dá no período de máximo desenvolvimento e, na cana soca, no estágio inicial de crescimento.

Segundo Doorenbos & Kassam (1979) o manejo correto da irrigação não permite a ocorrência de déficit prejudiciais à rentabilidade econômica da cultura e deve ser feito de acordo com as tensões de água no solo, recomendados para cada período do ciclo fenológico, obedecendo às seguintes recomendações:

- Durante o período de nascimento, estabelecimento das plântulas e início do período vegetativo, a cultura demanda pequenas lâminas que devem ser aplicadas em pequenos turnos de rega
- Durante a segunda fase do período vegetativo (alongamento do colmo) e primeira fase de formação da parte colhível, a cultura, devido ao crescimento do sistema radicular, passa a dispor de maior volume de água disponível no solo, devendo-se aplicar lâminas maiores em turnos de rega também maiores que os períodos anteriores; na segunda fase do período de formação da colheita, a exigência da planta diminui, devendo-se aplicar lâminas menores que as da fase anterior

- Durante o período de maturação as lâminas devem ser ainda menores para aumentar a concentração de sacarose e a irrigação suspensa nos últimos dias que antecedem a colheita.

Ainda afirmam que as produções em áreas irrigadas em torno de 100 a 150 t ha⁻¹ demandam de 1500 a 2000 mm por ciclo de 365 dias.

Wiedenfeld (1995) trabalhando com três condições de irrigação (95,85 e 65% da fração de esgotamento do solo) obteve rendimento de 13,10 e 8,0 t ha⁻¹ de açúcar e índices de pureza de 88,86 e 85%, respectivamente.

Robertson et al. (1999) verificaram redução no rendimento total em biomassa de até 53 e 78 %, respectivamente, para cana-de-açúcar submetida irrigação plena, e a stresses aplicados aos 125 e 176 dias após o plantio.

Em observações feitas em 37 experimentos realizados na África do Sul no período de 1966 a 1995, constatou-se que a suspensão da irrigação por ocasião da colheita aumentou em 10% o rendimento em peso fresco de cana-de-açúcar (Robertson & Donaldson, 1998).

Wiedenfeld (2000) observou que a cana-de-açúcar submetida a estresse hídrico no terceiro (257 a 272 dias após o plantio) e no quarto (302 a 347 dias após o plantio) período do seu ciclo, teve seu rendimento reduzido em 8,3 a 15%.

Matioli et al. (1998) aplicando uma função que relaciona produção com consumo de água, na região de Ribeirão Preto, SP, durante o primeiro estágio de desenvolvimento da cultura (estabelecimento mais período vegetativo inicial) com lâmina mensal de até 30 mm, verificaram que a irrigação complementar proporcionou um aumento de produtividade em até 30,4 t ha⁻¹ para as socas de início até meados de safra (maio a julho), enquanto para as socas de fim de safra (setembro a novembro) o aumento de produtividade foi bastante reduzido, em torno de 3,2 a 8,4 t ha⁻¹.

Segundo Gomes (1999) para uma lâmina média de 1195 mm, a cana-planta (RB 72454) na Usina Santa Cruz, em Campos dos Goytacazes, RJ, produziu 130 t ha⁻¹ de colmos e 17 t ha⁻¹ de açúcar, com um acréscimo médio da produtividade de 28,34 t ha⁻¹ e para o açúcar foi de 4,0 t ha⁻¹.

Souza et al. (1999) observaram boa correlação entre a lâmina total de água (precipitação efetiva e irrigação) e as produtividades em colmos e em açúcar, ajustados a um modelo de segunda ordem obtendo, para as variedades RB 72454, RB 765418 e SP 701011, as máximas produtividades em colmos de 155,8; 126,9 e 141,9 t ha⁻¹, com as lâminas totais de água 1568; 1424 e 1589 mm, respectivamente, nos 13 meses de cultivo. As máximas produtividades em açúcar estimadas para as mesmas variedades, foram de 20,7; 17,1 e 19,3 t ha⁻¹ para lâminas totais de água 1678, 1474 e 1602 mm, respectivamente, em 13 meses de cultivo.

Howell et al. (1990) afirmam que a frequência de aplicação de água, a quantidade de água aplicada, a uniformidade e a eficiência de aplicação, juntamente com a precipitação, são parâmetros que ditam a relação entre água e produtividade potencial da cultura.

2.2 - METODOS E MATERIAIS

2.2.1 - Caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Capão, do município de Curitiba - Paraná, localizada no Estado, 25º latitude sul e longitude de 47º15' W possui uma área total indígena aproximada de 100 hectares de terras devolutas do município de 200 ha, subdividida em cinco setores, que se dividem em sete bases de 20ha cada (Figura 1). A altitude é de 900 m, com clima semi árido de altitude e precipitação de 2200 a 2500 mm, dependendo dos meses do ano, a zona é grande e possui boa drenagem de águas superficiais (60% águas superficiais, sendo a maioria direcionada para o rio Itaipava, de 1000 metros de comprimento (550 - 1000 e 1000m, 1995). O solo predominantemente é uma associação de Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo (Siqueira, 1995, 1997).



Figura 1 - Área total da fazenda Capão, área de irrigação dos pivôs 1 e 2, e localização das bases das pivôs. Área total da fazenda: 700,7 ha.

2.2 - Detalhe dos Tratamentos

O trabalho experimental foi realizado no local 7 do perfil agrícola 2 (Figura 1) e os tratamentos, parcelas e blocos, na forma apresentada na Figura 2, em detalhamento em relação aos delineamentos. Para cada tratamento e três repetições o bloco foi dividido em quatro fileiras de adubação em 20 parcelas (20), a ser avaliada durante os períodos de emergência de *S. bruchae* em duas aplicações: T_1 em toda a N_1 em cada repetição sendo as parcelas necessitadas de 40 parcelas repetições (40) com 12 m de comprimento e uma largura útil de 20 m², a ser subdividida em zonas com fileira de plantas de espaçamento de 1,0 m em uma densidade de plantas por comprimento de uma fileira de 20 plantas (20) de espaçamento, parceladas com área útil de 20 m². Cada um desses tratamentos avaliados necessita a unidade de 400000 m² sendo 47 hectares (Sera, 2006).

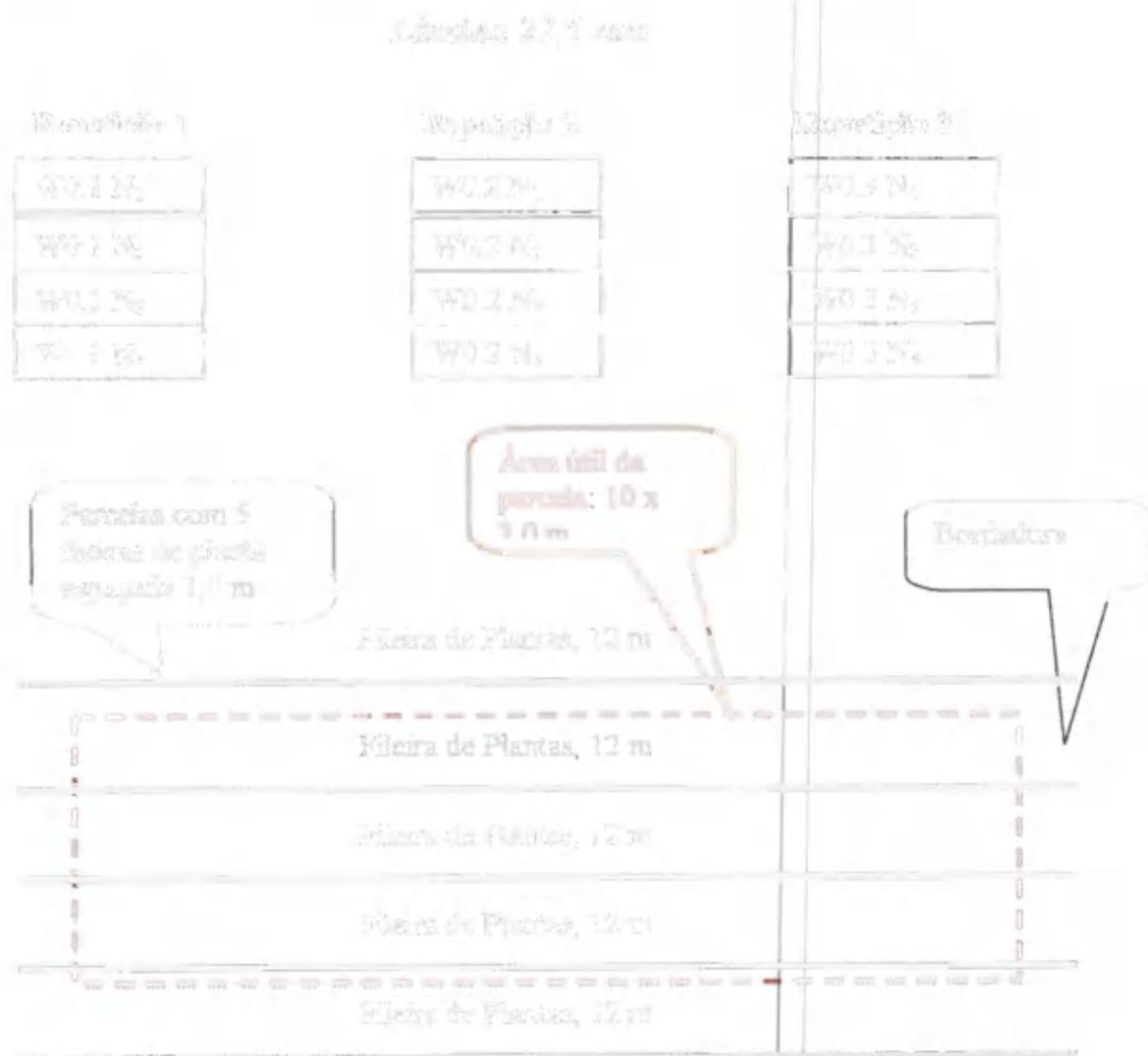


Figura 2 - Detalhe dos tratamentos, parcelas e fileiras do experimento

A Figura 3 apresenta uma proposta de teste de pré-ensaio a ser realizado em uma destilaria artesanal SP 716949, adaptada com uma lâmina de filtro (Figura 4) a fim de avaliar o desempenho de F-100, pelo sistema de filtração por membranas tipo membrana por osmose reversa.

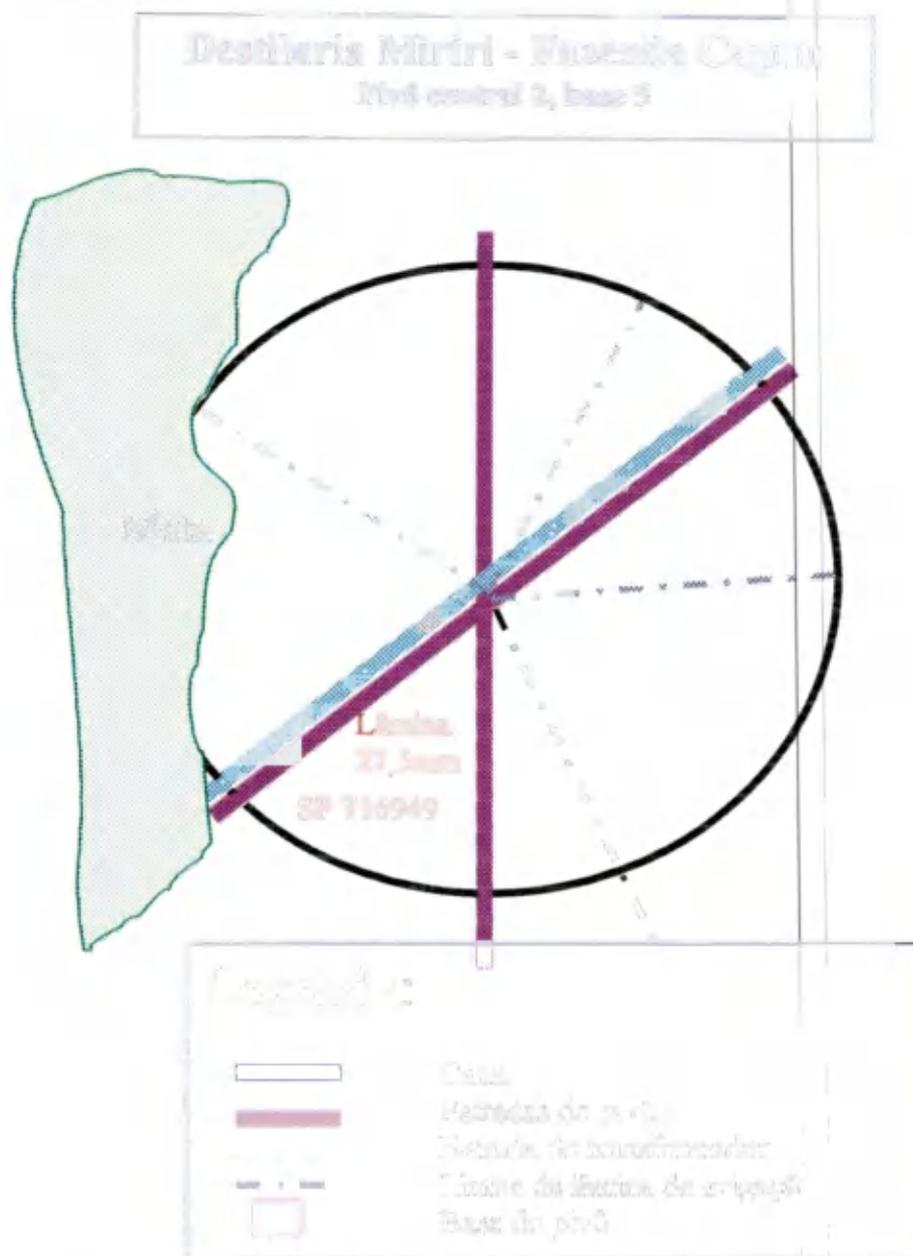


Figura 3 - Configuração de experimento e configuração de membrana SP 716949 e lâmina de filtração.

O teste de pré-ensaio de experimento foi feito levando-se em consideração a quantidade de água que é produzida dentro desta destilaria artesanal, considerando-se uma quantidade de água que é produzida no dia, sendo a quantidade de água é armazenada dentro, com esta quantidade de produção, considerando-se uma quantidade de água, a fim de avaliar qual os testes que a destilaria de água

aproveitável do solo e/ou da evapotranspiração do turno de irrigação de 12 dias. A evapotranspiração real foi calculada pela equação:

$$E_{tr} = 0,75 \times K_c \times E_v \quad (7)$$

donde:

E_{tr} é a evapotranspiração real em mm

K_c é o coeficiente de cultivo, segundo Doorenbos & Kassam (1979) adaptado para o período de 14 meses, por DSF (1999)

E_v é a evaporação do tanque classe A em mm.

A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi igual à evapotranspiração calculada com base no “tanque classe A” menos precipitação efetiva; o valor máximo aplicado em turno de irrigação de 12 dias foi igual ou menor que a lâmina líquida de W0.1 (lâmina de 27,5 mm correspondente à lâmina do projeto adotada na Fazenda Capim).

O plantio ocorreu em agosto de 2000, com colmos inteiros proporcionando uma média de 18 gemas por metro linear. O solo foi preparado com uso de grade de disco aradora e sulcamento a uma profundidade de 0,3 m e espaçamento de 1,0 m, aplicando-se gesso na proporção de 1000 kg ha⁻¹ e adubação de fundação na quantidade de 100 kg ha⁻¹ da formula 00-18-00, correspondendo a 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

As adubações de cobertura com N e K₂O, aplicadas em linhas, foram realizadas em quatro momentos, 30/11/2000, 25/01, 08/03 e 19/04/2001. Os níveis de adubação estão apresentados na Tabela 3, onde cada nível foi considerado um tratamento. A proporção entre os nutrientes N e K₂O na adubação de cobertura foi de 1,0 para 0,94. As fontes de nitrogênio e potássio foram uréia e cloreto de potássio, respectivamente.

Tabela 2 – Quantidade de nutrientes para cada nível de adubação

Fertilizantes	Níveis de Adubação em (kg ha ⁻¹)			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
N	44,0	86,0	157,0	236,0
P ₂ O ₅	18,0	18,0	18,0	18,0
K ₂ O	41,0	81,0	148,0	222,0
Total (kg ha ⁻¹)	103,0	185,0	323,0	476,0

O total de adubo para cada tratamento não foi aplicado proporcionalmente, pois todos os tratamentos receberam a mesma dosagem por aplicação e, sendo assim, o tratamento N₁ correspondente à adubação realizada em todo o plantio de cana-de-açúcar da destilaria, sendo aplicado em dosagem única, N₂ em duas aplicações, N₃ em três e, finalmente N₄ em quatro aplicações. As quantidades dos elementos N e K₂O foram definidas tomando-se como ponto de partida as dosagens recomendadas pela equipe de consultores da Destilaria Miriri, que se baseia em parâmetros do solo e no rendimento econômico da cultura sob condições de sequeiro; a quantidade de nutrientes extraída do solo em kg por 100t de colmos, segundo Orlando Filho (1978) e Orlando Filho (1980); e se considerando, também, acréscimos que possibilitassem o desenho da curva que define a função de produção.

As limpas foram feitas com uso de herbicidas e os demais tratos culturais obedeceram às práticas adotadas na Fazenda Capim.

3.3 – Variáveis Avaliadas

A colheita foi manual após a queima da cana-de-açúcar, 14 meses depois o plantio (setembro de 2001). Foram separados ao acaso, dentro da área útil, 12 colmos, nos quais foram feitas as seguintes determinações: comprimento, diâmetro e peso dos colmos, número de internódios por colmos, rendimento em açúcar por hectare e rendimento de álcool em litros por hectare. A área útil da parcela foi colhida contando-se o número de colmos, pesado e calculada a produção de colmos em kg ha^{-1} . Também, foi cortada ao acaso uma touceira de cana-de-açúcar, que foi analisada no laboratório da destilaria onde foram determinados os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar de acordo com Caldas (1998): sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$ em %), sacarose (Pol do caldo em %), fibra industrial na cana-de-açúcar (%), pureza do caldo (%) e percentagem bruta de açúcar (PCC).

Os rendimentos brutos de açúcar e de álcool foram calculados de acordo com Caldas (1998) da seguinte maneira:

Rendimento Bruto de Açúcar

$$R_{\text{AÇÚCAR}} = \text{PCC} * \text{PC} \quad (8)$$

donde:

$R_{\text{AÇÚCAR}}$ – rendimento de açúcar em kg ha^{-1}

PCC – quantidade de açúcar em % contido nos colmos e determinada em laboratório

PC – produção de colmos em kg ha^{-1}

Rendimento Bruto de Álcool

$$R_{\text{ÁLCOOL}} = \text{ART} * \text{Fg} \quad (9)$$

donde:

$R_{\text{ÁLCOOL}}$ – rendimento de álcool bruto em L t^{-1} de colmos

ART – açúcares redutores totais em kg t^{-1} de colmos

Fg – fator de Gay Lussac igual a 0,6475

A receita líquida (R_L) foi obtida pela diferença entre a receita bruta (R_B) e os custos totais (C_T) (água, adubo, colheita e transporte e os custos fixos), sendo:

$$R_L = R_B - C_T \quad (12)$$

4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Lâmina de Irrigação

A lâmina de água total aplicada no experimento foi de 302,5mm, representando a irrigação praticada na fazenda para a cultura da cana-de-açúcar e valor inferior à lâmina de água programada, a qual foi igual a 664,8mm ao longo do ciclo fenológico. A soma da precipitação efetiva total de 652,6mm, com a quantidade de água aplicada pela irrigação corresponde à lâmina total de 955,10mm, representando 52% da necessidade hídrica da cultura, caracterizando uma irrigação suplementar; esta lâmina não satisfaz a necessidade hídrica da cana-de-açúcar, que resultou em uma evapotranspiração de 1836,6mm por ciclo vegetativo, conforme Tabela 20 do anexo.

4.2 – Parâmetros Organográficos

Nas tabelas a seguir são apresentados os resultados da análise de variância da cana-de-açúcar em relação a: comprimento dos colmos, diâmetro dos colmos, número de internódios, peso dos colmos, fibra industrial da cana-de-açúcar, percentuais de sacarose (Pol), sólidos solúveis (^oBrix), pureza do caldo, produção de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool, cujas avaliações foram realizadas aos 14 meses após o plantio.

Os valores dos comprimentos médios dos colmos estão apresentados na Tabela 21, em anexo, e a análise de variância e comparação entre as médias dos tratamentos estão nas Tabelas 3 e 4.

Observou-se, com o teste F, que para os blocos as estimativas das variâncias não diferem estatisticamente (variâncias são homogêneas) e, para os tratamentos (N_1 , N_2 , N_3 e N_4) respectivamente, houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey (não há homogeneidade de variâncias); observa-se que o tratamento N_4 difere estatisticamente do tratamento N_1 , que proporcionou maior comprimento médio do colmo, e o tratamento N_1 , menor comprimento médio dos colmos. O valor do coeficiente de variação (CV%) foi de 2,806 classificado por Ferreira (2000) como ótima precisão experimental.

O valor máximo do comprimento médio dos colmos obtido no experimento foi de 2,97 m (N_4) e o menor de 2,70 m (N_1) superior aos obtidos por Azevedo (2002) de 2,60 m para o valor máximo, e 1,57 m para o menor comprimento do colmo, trabalhando com a variedade SP 791011, irrigada por pivô central, durante o período de agosto de 2000 a outubro 2001, para lâminas totais de água de 1043mm e 236 kg de N ha⁻¹.

Tabela 3 – Análise da variância e coeficiente de variação para o comprimento em (m) por colmo de cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação entre fileiras de 1,0 m

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0,01203	0,00602	0,9475 ns
Tratamentos	3	0,12438	0,04146	6,5303 *
Resíduo	6	0,03809	0,00635	
Total	11	0,17451		

** - Significativo a nível de 1% de probabilidade

* - Significativo a nível de 5% de probabilidade

ns - Não significativo

valores de 1,13 kg (1043mm e 157 kg de N ha⁻¹) o valor máximo e o menor valor de 0,66 kg (609mm e 86 kg de N ha⁻¹) obtidos por Azevedo (2002).

Tabela 8 – Análise de variância e coeficiente de variação para o peso médio em kg por colmo da cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação entre fileiras de 1,0 m

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0,00207	0,00103	0,1704 ns
Tratamentos	3	0,18343	0,06114	10,0779 **
Resíduo	6	0,03640	0,00607	
Total	11	0,22190		

** - Significativo a nível de 1% de probabilidade

* - Significativo a nível de 5% de probabilidade

ns - Não significativo

Tabela 9 – Teste de comparação de médias para o peso do colmo em kg, da cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação e espaçamento entre fileiras de 1,0 m

Médias de tratamento	
1	1,25333 b
2	1,43333 ab
3	1,28667 b
4	1,56333 a
DMS =	0,22035
MG = 1,38417	CV = 5,62726%

Observação: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente

O valor médio da sacarose (Pol do caldo) está apresentado na Tabela 26 em anexo, e a análise de variância e comparação entre as médias dos tratamentos está na Tabela 11.

As estimativas das variâncias para os blocos e os tratamentos, de acordo com o teste F e Tukey, não diferiram estatisticamente, ou seja, os tratamentos proporcionaram o mesmo ganho de sacarose para a cana-de-açúcar. O coeficiente de variação foi de 7,661 classificado por Ferreira (2000) como ótima precisão experimental.

O valor médio da sacarose obtido no experimento foi de 17,83% máximo valor (N_1) e 15,65% o menor valor (N_4).

Tabela 11 – Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios da sacarose (Pol em %) dos colmos da cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação entre fileiras de 1,0 m

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	1,88403	0,94202	0,5602 ns
Tratamentos	3	10,10547	3,36849	2,0030 ns
Resíduo	6	10,09009	1,68168	
Total	11	22,07959		

** - Significativo a nível de 1% de probabilidade

* - Significativo a nível de 5% de probabilidade

ns - Não significativo

Os valores médios dos sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) estão apresentados na Tabela 27, em anexo, e a análise de variância e comparação entre as médias dos tratamentos está na Tabela 12.

Verifica-se, com o teste F e de Tukey, que os blocos e os tratamentos não diferiram, ou seja, o ganho de sólidos solúveis foi o mesmo. O experimento apresentou um coeficiente de variação de 5,946, classificado por Ferreira (2000) como ótima precisão experimental.

O teste realizado foi $F_{(2, 18)} = 0,0000$ ($P < 0,05$) e $F_{(2, 18)} = 0,0000$ ($P < 0,05$) para o teste t de Levene (K), respectivamente não diferindo estatisticamente.

Tabela 11 - Análise de variância e coeficiente de regressão das médias obtidas nos vários níveis de teor de N, para os dados de crescimento das plantas, em diferentes níveis de adubação, e espaçamento entre linhas de 1,0 m.

R.S.	GL	S.Q.	Q.M.	F
Block	2	1,3374	0,6687	0,4527 ns
Tratamentos	3	9,5562	3,1854	2,3069 ns
Resíduo	6	1,9627	0,3271	
Total	11	12,8563		

ns - Significância crítica de 1% de probabilidade

* - Significância crítica de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Os valores médios de produção de matéria seca obtidos em Tabela 10, nos solos e a análise de variância e regressão entre as médias por tratamentos está na Tabela 11.

Observa-se, através do teste F e T, que: para os blocos e os tratamentos não houve estatisticamente diferença, visto que os valores da probabilidade de erro de aceitação foram maiores que, respectivamente, os coeficientes de variação de 0,004 determinado pelo F-test (0,00) para blocos, portanto, experimental.

O coeficiente de regressão da matéria seca obtida de acordo com $R^2 = 0,0000$ ($P < 0,05$) é estatisticamente não diferente de zero, visto que os valores de probabilidade são:

Tabela 14 – Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios da quantidade de açúcar (PCC em %) contida nos colmos de cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação e espaçamento entre fileiras de 1,0 m

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	1,17114	0,58557	0,6110 ns
Tratamentos	3	6,22909	2,07636	2,1667 ns
Resíduo	6	5,74992	0,95832	
Total	11	13,15015		

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - Não significativo

4.4 – Produção de Colmos

As produções dos colmos estão apresentadas na Tabela 30 em anexo, e a análise de variância e comparação entre as médias dos tratamentos, nas Tabelas 15 e 16.

Observa-se, através do teste F que, para as estimativas das variâncias para os blocos não houve diferenças significativas, mas nos tratamentos ocorreu diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, em que, o tratamento N₄ diferiu estatisticamente de N₁, o qual proporcionou a maior produção de colmos e o tratamento N₁ a menor produção, apesar de não se diferenciar estatisticamente dos tratamentos N₂ e N₃, respectivamente. O coeficiente de variação foi de 10,991, classificado como ótima precisão experimental, por Ferreira (2000).

A produção média dos colmos de maior valor foi de 111,11 t ha⁻¹ (955,10mm e 236 kg de N ha⁻¹) superior a 103,15 t ha⁻¹ obtida por Azevedo (2002) trabalhando com a variedade SP 79 1011, irrigada por pivô central, durante o período de agosto de 2000 a outubro de 2001, para lâminas totais de água de 1043mm e 236 kg de N ha⁻¹. O valor máximo

obtido ainda está abaixo do esperado, pois Doorenbos e Kassam (1979) recomendam, para áreas irrigadas, produções de colmos de 100 a 150 t ha⁻¹. Para as quantidades de adubo aplicadas, as produções são consideradas baixas; entretanto, justificadas pelas quantidades totais de água aplicada, que não satisfizeram a necessidade hídrica da cultura.

Tabela 15 – Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios da produção de colmos em t ha⁻¹ da cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação entre fileiras de 1,0 m

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	68,07031	34,03516	0,3544 ns
Tratamentos	3	2269,34888	756,44965	7,8759 *
Resíduo	6	576,27612	96,04602	
Total	11	2913,69531		

** - Significativo a nível de 1% de probabilidade

* - Significativo a nível de 5% de probabilidade

ns - Não significativo

Tabela 16 – Teste de comparação de médias dos valores da produção de colmo em t ha⁻¹ da cana-de-açúcar planta, sob diferentes níveis de adubação e espaçamento entre fileiras de 1,0m

Médias de tratamento	
1	73,33334 b
2	84,44334 ab
3	87,77667 ab
4	111,11000 a
DMS =	27,72523

MG = 89,16583

CV = 10,99110%

Observação: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente

4.5 – Rendimento Bruto de Açúcar

Os valores do rendimento bruto de açúcar em ($t\ ha^{-1}$) estão apresentados na Tabela 31 em anexo, e a análise de variância e comparação entre as médias dos tratamentos está na Tabela 17.

Com o teste F, para os blocos e os tratamentos não ocorreu diferença significativa, ou seja, não houve variação. Nas comparações das médias pelo teste de Tukey também não ocorreu diferença significativa. O experimento apresentou coeficiente de variação de 15,821 classificado, por Ferreira (2000) como boa precisão experimental.

O valor máximo da produção média de açúcar foi de $14,22\ t\ ha^{-1}$ (N_4) e o menor valor foi de $10,62\ t\ ha^{-1}$ (N_1) os quais estão coerentes e um pouco superiores aos obtidos por Wiedenfeld (1995) que obteve produções de 13, 10 e $8\ t\ ha^{-1}$ de açúcar para as três condições de irrigação (95, 85 e 6% da fração de esgotamento do solo). O valor máximo obtido no experimento de $14,22\ t\ ha^{-1}$ foi muito próximo aos $16,241\ t\ ha^{-1}$ (1043mm e $236\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$) e o menor valor de $6,689\ t\ ha^{-1}$ (609mm e $44\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$) obtido por Azevedo (2000) foi inferior ao menor valor obtido no experimento, que foi de $10,62\ t\ ha^{-1}$ (955,10mm e $44\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$).

O coeficiente de correlação (R^2) no ajustamento da regressão para o rendimento bruto de açúcar foi de 0,7994 (Figura 6.0), indicando boa correlação do modelo linear entre a relação entre o rendimento bruto de açúcar e os níveis de adubação.

4.1.1. Exatidão: Testes de

De acordo com a Tabela 10, observa-se que a maioria dos testes de exatidão de dados de entrada e saída, bem como os testes de exatidão de dados de entrada e saída, foram realizados com sucesso. Isso indica que o sistema está funcionando corretamente e que os dados estão sendo processados e armazenados corretamente. No entanto, alguns testes de exatidão de dados de entrada e saída não foram realizados com sucesso, o que pode indicar problemas de exatidão de dados de entrada e saída. Isso pode ser devido a erros de digitação ou a problemas de comunicação de dados.

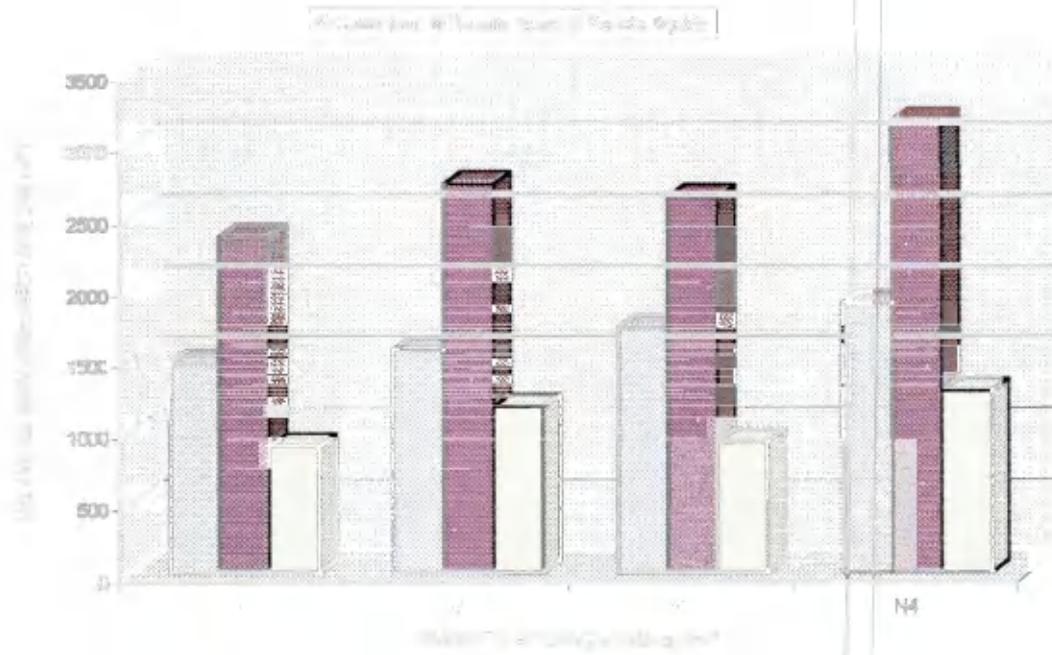


Figura 10. Análise dos Resultados dos Testes de Exatidão

1.2 - CONCLUSÕES

Ativadas pelo GUBER, obtivemos um bom resultado para a variedade de variedades $(\mathbb{R}^n, \mathbb{R}^n)$ em 1995, obtivemos que:

- ⇒ A produção de açúcar e álcool tende a crescer com o aumento das demandas das zonas de produção;
- ⇒ Para os produtores rurais, há um potencial de crescimento de produção de açúcar e álcool, pois há uma grande quantidade de terras disponíveis para a produção de açúcar e álcool, especialmente para a produção de açúcar e álcool, pois as áreas de produção são extensas;
- ⇒ Considerando-se os níveis de produção atuais, verifica-se que a produção de açúcar e álcool tende a crescer com o aumento das demandas das zonas de produção;
- ⇒ A produção de açúcar tende a crescer com o aumento das demandas das zonas de produção de açúcar e álcool;
- ⇒ Em função das condições da ABRAV, os produtores rurais e as indústrias de açúcar e álcool, especialmente de açúcar, têm um potencial de crescimento de produção de açúcar e álcool, pois há uma grande quantidade de terras disponíveis para a produção de açúcar e álcool.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R. R.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) Cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987, v.1, p.42 – 55.

ALVAREZ, F. C. Caña de azucar. Venezuela, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1975, 669p.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. Nutrição da Cana-de-açúcar; tradução de José Orlando Filho. Piracicaba: POTAFOS, 1992, 40p.: il. (Florida Agricultural Experiment Station Journal Series; R – 00693).

ARANHA, C.; YAHN, C. A. Botânica da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) Cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987, 431p. cap. 1, 1-18p.

AZEVEDO, H. M. de. Resposta da Cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba. Campina Grande: UFCG/PB, 2002.112p. (Tese de doutorado).

BACCHI, O. O. S. Botânica da Cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.) Nutrição e adubação da Cana-de-açúcar no Brasil; Piracicaba, 1983, p.369 Cap. 2, p.25-37. (Coleção PLANALSUCAR, 2).

BLACKBURN, F. Sugar cane. Longman, New York. 1984, 414p.

- MACHADO, E. C. Um modelo matemático-fisiológico para simular o acúmulo de matéria seca na cultura da Cana-de-açúcar (*saccharum spp*). Campinas, 1981, 115p. (Mestrado – Instituto de Biologia – Universidade Estadual de Campinas).
- MACHADO, E. C. Fisiologia da produção de Cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987, v.1, p.57-87.
- MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O. ; TSUIOSHI, Y. (Org.) Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: POTAFOS, 1987, 247p.
- MARTHERNE, R. J.; IRVINE, J. E. The influence of row spacing on sugarcane stalk population, sugar content and cane yield. Proc. ASSCT, 7 (NS), p. 96-100, 1978.
- MARINHO, M. L. Aspectos agronômicos e econômicos da adubação da cana em Alagoas. Rio Largo, EECA, 1974. 60p.
- MATHIEU, M. Progress Report on the FAO Fertilizer Programme. FAO, Roma, Itália, 1979.
- MATIOLI, C. S.; FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. S.; FOLEGATTI, M. V. Aumento de produtividade da cultura da cana-de-açúcar sob irrigação complementar na região de Ribeirão Preto – SP. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. Anais...Lavras: UFLA/SBEA, 1998. Volume II, p. 16-18.
- PASSOS, S. M. G.; CANÉCHIO FILHO, V.; JOSÉ, A. Principais culturas. 2 ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, p.511.
- PINTO, J. F. da C.; MARQUES, E. S.; RODRIGUES, E. M. Adubação da cana-de-açúcar nos massapés da Bahia. Cruz das Almas, IPEAL, 1973. 48p. (Boletim técnico, 21).
- RIZZO, L. T. B. & ORLANDO F^o. J. Estimativa de distribuição da cultura de cana-de-açúcar nos solos do Estado de São Paulo, Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p. 37-44, 1980.

WILKINSON, M. G. "IMPACT" BARRAGE DE EL RECUERVO, J. S., WOOD, A. W. Physiology and productivity of dairy cows with early and late lactation onset dates. *Dairy Cows and Management*, 1998, vol. 4, p. 201-207.

WILKINSON, M. G., DONALDSON W. and J. "Impact" de los parámetros de lactación y producción por la respuesta a drying off before lactation. *Field Crops Research*, vol. 5, 1998, pp. 119-124.

WILKINSON, M. G., DONALDSON, W. and J. "Impact" de los parámetros de lactación y producción de las vacas de inicio temprano de lactación. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 1999, vol. 32, p. 1-10.

ZEVA, R. A. Influência de estratégias de manejo na produção de leite de vacas. *Dep. Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", (Tese de Mestrado), Marília, 1993, (Coleção PLANALTO/USP, 1) p. 107.*

ZEVA, R. A. e G. G. G. Influência de estratégias de manejo na produção de leite de vacas. *Revista de Zootecnia da UNESP/USP, (Tese de Mestrado), Marília, 1993, (Coleção PLANALTO/USP, 2) p. 98.*

ZEVA, R. de A. S. e ABRICAT variáveis beta (2009). <http://planeta.terra.com.br/dairy/zeva.htm>. Acesso em 2009.

ZERBINI, R., DOENHOVA, V. Manejo de vacas de leite. In: *FAO/CIAT, 2004* (coord.). *Guia de manejo de vacas e búfalas*. Campinas, Fundação de Amparo à Pesquisa, 2004, vol. 1, cap. 7, p. 253-261.

ZERBINI, R. O. Efeito de intervenções e estratégias de cuidado de vacas de leite. *INFORMA, Conselho Nacional*. <http://www.univer.com.br/infoc/07.htm> (30 nov. 2001).

ZERBINI, R. e WILKINSON, M. G. Manejo de vacas de leite de início precoce. In: *UNESP/USP, 1* (coord.). *Manejo e nutrição da vaca de leite no Brasil*. Marília, 1993, p. 249. Dep. Zootecnia (Coleção PLANALTO/USP, 1).

SOUZA, E. F.; BERNARDO, S.; CARVALHO, J. A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades, em campo dos Goytacazes, RJ. Engenharia Agrícola, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. v.19, nº I, Jaboticabal: SBEA, 1999.

SOUTO, C. M.; ROMANO, M. R.; URQUIAGA S.; BODDLEY, R. M. Acumulação de matéria seca, N, P e K por cana-de-açúcar In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24. Goiânia, GO, 1993. Resumos do 24 Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Cerrados: Fronteira Agrícola no século XXI. Goiânia: SBCS, 1993. 3v, 418p. (239 – 240).

STEGMAN, E. C.; MUSICK, J. A.; STWART, J. I. Irrigation Water Management. In: JESEN, M. E.; (ed.) Design and operation of farm irrigation systems. ASAE Monograph, St. Joseph, 1980, 829p.

SUDENE. I – Levantamento exploratório de solos do Estado da Paraíba. II – Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, Recife, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, SUDENE. Divisão de Agricultura e Geologia, 1972, 670p.

TAUPIER, L. O. G. & RODRÍGUEZ, G. G. A cana-de-açúcar: Manual dos Derivados da Cana-de-açúcar: diversificação matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos e energia. 1ª ed. Brasília: ABIPTI, 1999, 474p. cap. 2.1, p. 21-27.

VAN DER BERG, M.; BURROUGH, P. A.; DRIESSEN, P.M. Uncertainties in the appraisal of water availability and consequences for simulated sugarcane yield potentials in São Paulo State, Brazil. Agriculture Ecosystems & Environment. Elsevier. v.81, p.43-55, 2000.

WIEDENFELD, R. P. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugar cane yield and quality. Field Crop Research. Elsevier. v.43, p. 101-108, 1995.

7.0 – ANEXOS

Tabela 20 – Quantidades líquidas programadas e aplicadas de água em (mm) para intervalos de 24 dias e suspensão da irrigação 24 dias antes da colheita

Mês	Dia	Total de dias	E _{TR} mm (24d) ⁻¹	P _{EF} mm (24d) ⁻¹	Quantidade de água (mm)	
					Programada	Aplicada
Agosto	24	24	37,4	75,3	0,0	0,0
Setembro	17	48	68,4	51,3	17,1	0,0
Outubro	11	72	99,2	41,3	55,0	0,0
Novembro	4	96	125,0	0,0	55,0	27,5
Novembro	28	120	135,1	0,0	55,0	27,5
Dezembro	23	144	138,1	41,3	55,0	27,5
Janeiro	16	168	157,4	24,0	55,0	55,0
Fevereiro	9	192	181,4	0,0	55,0	27,5
Março	4	216	172,7	17,0	55,0	55,0
Março	28	240	107,6	62,8	44,8	27,5
Abril	21	264	108,0	82,6	25,4	27,5
Mai	15	288	123,0	41,3	55,0	0,0
Junho	10	312	138,6	50,6	55,0	27,5
Julho	4	336	127,3	49,8	55,0	0,0
Julho	28	360	127,3	69,3	0,0	0,0
Agosto	22	384	54,0	26,5	27,5	0,0
Setembro	15	408	0,0	19,5	0,0	0,0
TOTAIS (mm)			1836,6	652,6	664,8	302,5

E_{TR} é a evapotranspiração real calculada em intervalos de 24 dias, em mm

P_{EF} é a precipitação efetiva acumulada em 24 dias, em mm

