

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TESOLOGIA
MESTRADO EM ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**DESENVOLVIMENTO MORFOFISIOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM
REGIME IRRIGADO E SEQUEIRO NA ZONA DA MATA PARAIBANA**

CARLOS HENRIQUE DE AZEVEDO FARIAS

**CANPINA GRANDE – PARAÍBA
JULHO 2001**

CARLOS HENRIQUE DE AZEVEDO FARIAS

Engenheiro Agrônomo

**DESENVOLVIMENTO MORFOFISIOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM
REGIME IRRIGADO E SEQUEIRO NA ZONA DA MATA PARAIBANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

Co-orientador: Prof.Dr. HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO

Campina Grande – Paraíba

2001

F224d Farias, Carlos Henrique de Azevedo

Desenvolvimento morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime irrigado e de sequeiro nos tabuleiros costeiros da Paraíba/Carlos Henrique de Azevedo Farias.-Campina Grande, UFPB, 2001.

77p.:il.

inclui bibliografia

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba / CCT / DEAg

1. Cana-de-açúcar 2. Irrigada 3. Sequeiro 4. Rendimento 5. Fisiologia
6. Raiz 7. Parte aérea.

I. Título

CDU : 633.61

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

**DESENVOLVIMENTO MORFOFISIOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM
REGIME IRRIGADO E SEQUEIRO NA ZONA DA MATA PARAIBANA**

CARLOS HENRIQUE DE AZEVEDO FARIAS

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

Co-orientador: Prof. Mcs. HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO

Campina Grande – Paraíba


2001

CARLOS HENRIQUE DE AZEVEDO FARIAS
Engenheiro Agrônomo

**DESENVOLVIMENTO MORFOFISIOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM
REGIME IRRIGADO E SEQUEIRO NA ZONA DA MATA PARAIBANA**

APROVADO EM: 26/07/2001

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes
Departamento de engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciência e Tecnologia – CCT
Universidade Federal da Paraíba – UFPB



Prof. Msc. Hamilton Medeiros de Azevedo
Departamento de engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciência e Tecnologia – CCT
Universidade Federal da Paraíba – UFPB



Prof. Dr. José Dantas Neto
Departamento de engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciência e Tecnologia – CCT
Universidade Federal da Paraíba – UFPB



Prof.ª Dr.ª Maria Auxiliadora dos Santos
Departamento de fitotecnia
Escola superior de Agricultura de Mossoró - ESAM

Consagro:

A Deus, pela sua infinita misericórdia e confiança neste que não passa de um grande pecador.

“Que Deus conceda falar a seu contento e formular conceitos à altura dos seus dons; pois ele não mostra apenas o caminho da sabedoria, mas orienta os sábios. Estamos na sua mão, nós e nossas palavras, todo entendimento e perícia no agir. Ele me deu a ciência exata do que é, que me fez conhecer a estrutura do universo e a atividade dos elementos, o começo, o fim e meio dos tempos, o alternar-se dos solstícios e a mudança das estações, os ciclos do ano e a posição dos astros, a natureza dos animais e o instinto das feras, as diversas propriedades das plantas e as virtudes das raízes. Em uma palavra: o que há de oculto e manifesto, eu o conheci e foi a artesã de todas as coisas, a Sabedoria que me ensinou!”

Sab. 7,15-21

A meus pais Francisco de Assis Farias Cavalcante e Terezinha de Jesus Azevedo Farias pela fé incondicional em seu filho, por tudo. A minha noiva (Maria Leila) e irmãs (Ethel e Thelma) pelo apoio. A meus avós Antonio, Maria e Walfredo (in memórian) e vó Severina por suas orações,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo incomensurável prazer de novas descobertas e pelo convívio com tantos que me passaram novos conhecimentos.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro durante o curso.

À Destilaria Miriri S.A e União Agrícola Ltda., pelo suporte tecnológico e financeiro à pesquisa desenvolvida.

Aos que fazem parte do Laboratório de Irrigação e Drenagem, Professores e funcionários pelo convívio.

Aos funcionários que fazem parte do Laboratório da destilaria Miriri S.A, pelo convívio.

Aos orientadores Pedro Dantas Fernandes e Hamilton Medeiros de Azevedo, pela paciência e amizade acima de tudo.

Ao Sr. Diretor Superintendente Gilvan Celso Cavalcante de Moraes Sobrinho, pelo apoio irrestrito a esta pesquisa.

Ao gerente agrícola da Uniagro Ltda. Sr. Gabriel Saturnino de Oliveira, por acreditar que o futuro será próspero.

Ao gerente da industria Sr. Emanuel Pinheiro de Melo, por todo o apoio cedido.

Aos técnicos agrícolas Lourival, Geraldo Magela, Josias e Severino, bem como, a Egídio pelo apoio nas horas certas e pelo companheirismo.

Ao professor Dr. José Dantas Neto, pelo convívio e sugestões cedidas.

A professora Dra. Maria Auxiliadora dos Santos, pelo carinho, amizade e incentivo.

A todos que fazem o DEAg, a Miriri e a Uniagro.

Aos amigos, Paulo César, Florício, Magna, Karina, Cláudia, Robson, Porto Filho, Zé Espínola, José Maria, Cleber, Doutor, Chico, Wilson, que de alguma forma contribuíram.

Aos funcionários da Uniagro Ltda., Antônio, Luiz e baleia pelo esforço despendido.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

Carlos Henrique de Azevedo Farias, nasceu na cidade de Mossoró - RN, ao primeiro dia do mês de Junho do ano de 1.973, filho de Francisco de Assis Farias Cavalcante e de Terezinha de Jesus Azevedo Farias.

Concluiu a sua formação básica na cidade de origem, sendo o primeiro grau na escola estadual Prof. Manoel João, e o segundo grau científico concluído na escola União Colégio e Curso.

Obteve o título de Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró – RN, no período de 1.993 a 1.998, tornando-se especialista em Irrigação e Drenagem no ano de 1.999.

Ingressou no mestrado em Engenharia Agrícola no ano de 1.999, na área de Concentração em Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, Campina Grande – PB.

SUMÁRIO

	Páginas.
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 SOBRE O CLIMA E O SOLO.....	3
2.2. A CULTURA.....	5
2.2.1. Necessidade hídrica.....	5
2.2.2. Propagação.....	5
2.2.3. Sistema radicular.....	6
2.3. FISIOLOGIA DA PARTE AÉREA.....	9
2.3.1. Morfologia das folhas.....	9
2.3.2. Área foliar.....	10
2.3.3. Formação e crescimento dos colmos.....	11
2.4. DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO DAS CULTURAS.....	12
2.5. QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	18
2.5.1. Estresse hídrico e o teor de sacarose da cana.....	18
3. MATERIAL E MÉTODO.....	20
3.1. LOCALIZAÇÃO E ESQUEMA EXPERIMENTAL.....	20
3.2. Amostragens.....	26

3.3. DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO.....	27
3.3.1. Sistema radicular.....	27
3.3.2. Perfilhamento e Rendimento.....	28
3.3.3. Fenologia da planta.....	29
3.3.4. Fitomassa seca da parte aérea.....	29
3.4. Índices fisiológicos.....	29
3.4.1. Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	29
3.4.2. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	30
3.4.3. Taxa de assimilação líquida (TAL).....	30
3.4.4. Índice de área foliar (IAF).....	31
3.4.5. Razão de área foliar (RAF).....	31
3.5. Parâmetros tecnológicos.....	32
3.5.1. Sólidos solúveis (Brix, em %).....	32
3.5.2. Sacarose (Pol do caldo extraído, %).....	32
3.5.3. Fibra industrial da cana (%).....	33
3.5.4. Pureza do caldo extraído.....	33
3.5.5. Pol da Cana Corrigida, (%).....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Análise quantitativa do crescimento.....	35
4.1.1. Perfilhamento.....	35
4.1.2. Número de folhas e área foliar	37
4.1.3. Razão de área foliar.....	42
4.1.4. Fitomassa seca total (F).....	43
4.1.5. Taxa de crescimento da cultura.....	45
4.1.5.1. Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	45
4.1.5.2. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	47
4.1.6. Taxa de assimilação líquida (TAL).....	50
4.1.7. Análise do crescimento radicular.....	52
4.2. Produção e qualidade.....	56
4.2.1. Crescimento e desenvolvimento dos colmos.....	56
4.2.2. Características tecnológicas da cana.....	59
5. Conclusões.....	62
6. Referências bibliográficas.....	64

7. Anexos..... 74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Efeito do estresse hídrico sobre a regulação de fitormônios. Adaptado de Larcher, (1995).....	17
Figura 2	Monitoramento das irrigações até o início do inverno de 2000	26
Figura 3	Esquema de coleta de raízes.....	28
Figura 4	Densidade populacional (nº de plantas/m linear) da cultura para as duas áreas estudadas.....	36
Figura 5	Número médio de folhas/planta ao longo do período de cultivo para as duas condições de manejo da cultura.....	37
Figura 6	Área foliar por planta (a) Índice de Área Foliar (b) da cana-de-açúcar em função da idade de cultivo e sob dois manejos: irrigado e sequeiro.....	38
Figura 7	Razão de área foliar (a) Área foliar e número de folhas por colmo (b) da cultura ao longo do tempo para os dois manejos estudados.....	42
Figura 8	Acúmulo de fitomassa na cultura da cana-de-açúcar, em regime de irrigação e de sequeiro ao longo do tempo.....	45
Figura 9	Taxa de crescimento absoluto para a cultura irrigada e de sequeiro ao longo do ciclo.....	46

Figura 10	Taxa de crescimento relativo da cultura da cana-de-açúcar nos dois tratamentos aplicados ao longo do ciclo.....	48
Figura 11	Taxa de assimilação líquida da cultura nos dois regimes estudados ao longo do ciclo.....	50
Figura 12	Padrão de crescimento radicular, em percentagem, da cultura da cana de açúcar. Crescimento aos 30 DAP (a); Crescimento aos 60 DAP (b); Crescimento aos 98 DAP (c); Crescimento aos 171 DAP (d); Crescimento aos 246 DAP (e) e Crescimento aos 280 DAP (f).....	54
Figura 13	Estimativa do rendimento da cultura para os dois tratamentos ao longo do ciclo com base no peso fresco total de colmos por metro linear.....	59
Figura 14	Comportamento dos parâmetros tecnológicos da cana. Brix (a); Pol da cana em % (b); Pureza (c); Fibra da cana (d) e PCC (e).....	60
Figura A ₁	Análise descritiva, mês a mês, das chuvas ocorridas no período de cultivo.....	77

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Análises físico-hídricas do solo das áreas estudadas com a cultura da cana-de-açúcar.....	22
Tabela 2	Análise química do solo da área com cultivo irrigado.....	23
Tabela 3	Análise química do solo da área com cultivo de sequeiro.....	24
Tabela 4	Resumo das análises de variância para perfilhamento, número de folhas, Área foliar e Índice de área Foliar da cana-de-açúcar.....	41
Tabela 5	Resumo da análise de variância para fitomassa seca, área foliar e índice de área foliar da cana-de-açúcar.....	43
Tabela 6	Resumo das análises de variância das taxas de crescimento absoluto e relativo e para a taxa de assimilação líquida.....	49
Tabela 7	Porcentagens de raízes da cana-de-açúcar ao longo do ciclo em seis coletas e seis profundidades para os dois tratamentos estudados.....	53
Tabela 8	Resumo das análises de variância para as variáveis altura de plantas e número de internódios da cana nos dois manejos.....	57

Tabela 9	Resumo da análise de variância para peso fresco médio de colmo e peso fresco total dos colmos por parcela da cana-de-açúcar.....	57
Tabela A ₁	Análise descritiva de chuvas ocorridas durante o período de cultivo.....	77

RESUMO

Foi instalado um experimento em uma área experimental da fazenda Capim II, Município de Capim. O experimento foi conduzido em condições de campo com o objetivo de avaliar os efeitos de dois sistemas diferentes de manejo (sequeiro e irrigado) sobre o desenvolvimento da cultura da cana 'SP 79 1011' (*Sacharum spp.*). O delineamento estatístico utilizado foi de Blocos Casualizados com esquema fatorial (2 x 6) com seis repetições onde os fatores estudados foram o sistema de manejo e o período de coleta das amostragens. Foram avaliados o perfilhamento, número de folhas, a área foliar, o acúmulo de fitomassa seca; o crescimento da cultura foi avaliado através das variáveis de crescimento: taxa de crescimento absoluto e relativo e da taxa de assimilação líquida. Foi realizado um estudo sobre o sistema radicular e determinada a profundidade máxima do mesmo em diferentes estágios. Foram determinados ainda a altura média das plantas, peso de matéria fresca e variáveis tecnológicas (Pol, Brix, Fibra, Pureza e PCC) bem como o rendimento final da cultura. No início do ciclo o perfilhamento da cultura foi de 40% menor na área de sequeiro (12 pl/m) que na área irrigada (20 pl/m) caindo a diferença para 35% no final do primeiro ano de cultivo. O número médio de folhas, ao final do ciclo, foi maior na cultura irrigada que na cultura de sequeiro. O índice de área foliar máximo atingido pela cultura irrigada foi de 6,48 aos 171 DAP e 6,33 aos 98 DAP para a cultura de sequeiro. O crescimento da cultura, em relação ao acúmulo de fitomassa seca, foi dividido em quatro fases: I) crescimento lento; II) crescimento rápido; III) estabilização do crescimento e IV) decréscimo no acúmulo de fitomassa seca. A taxa de crescimento absoluto atingiu os valores máximos de 145,1 e 141,9 g.m⁻².dia⁻¹ aos 246 e 171 DAP para a cultura irrigada e de sequeiro, respectivamente. A TAL alcançou valores de 0,4481 e 0,2241 g.cm⁻².dia⁻¹ para a cana irrigada e de sequeiro respectivamente. O sistema radicular possui, ao final do ciclo, 76% de sua massa nos primeiros 45 cm de solo e cerca de 80% nos primeiros 60cm. O perfilhamento da cultura foi de fundamental importância para o rendimento final que atingiu 43,83 e 29,26 t/ha para a cana irrigada e de sequeiro, respectivamente.

ABSTRACT

An experiment was carried out in field conditions of the Capim II farm, district of Capim /PB with the objective of evaluating the effect of two different systems of cultivation (rainy conditions and irrigation) on the development of sugar cane 'SP 79 1011' (*Sacharum spp.*). The statistical design was of randomized blocks in a factorial scheme (2x6), with six replications, where the studied factors were the cultivation systems and phenological periods of the samplings. The statistical design was of randomized blocks in a factorial scheme (2x6), with six replications, where the studied factors were the cultivations and phenological periods of the samplings. The tillage was evaluated, number of leaves, the leaf area, the dry weight accumulations, evapotranspiration; the growth of the culture was evaluated through the growth variables: rate of absolute and relative and of the rate of liquid assimilation. A study was accomplished on the root system and to determine the maximum depth of the same in different stages. They were also determined the medium height of the plants, weight of fresh matter and various technological (Pol, Brix, Fiber, Purity and PCC) as well as the final revenue of the culture. The tillage of culture was 40% smaller in area under rainy conditions (12 pl/m) than in the irrigated area (20 pl/m) with a difference of 35% at the end of the first year of cultivation. The medium number of leaves at the end of the cycle, was larger in the irrigated culture than in the rainy conditions culture. The leaf area index maximum for the irrigated culture was 6.48 at 171 DAP and 6.33 at 98 DAP for the rainy culture. The growth of the culture, in relation to dry matter accumulation, was divided into four phases: I) slow growth; II) fast growth; III) stabilization of the growth and IV) decrease in the phytomass accumulation. The rate of absolute growth reached the maximum values of 145.1 and 128.3 g.m⁻².dia⁻¹ at 246 and 171 DAP for the irrigated culture and of rainy culture, respectively. The TAL reached values of 0.4481 and 0.2241 g.cm⁻².dia⁻¹ for the irrigated cane and of rainy respectively. The root system at the end of the cycle, 76% of its mass was in the first 45 cm of soil and about 80% in the first 60cm. The tillage of the culture was of fundamental importance to the final revenue that reached 43.83 and 29.26 t/ha for the irrigated cane and of rainy, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte do cultivo comercial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ocorre, hoje, entre as latitudes de 35° N e 35° S (Doorembos & Kassan, 1979) em mais de 50 países, sendo os maiores produtores Brasil, Índia, China, Tailândia, México, Paquistão, Colômbia, Austrália, Cuba, Estados Unidos, Filipinas, África do Sul, República Dominicana e Formosa (FAO, 2001).

Na América do Sul, a cultura tornou-se uma das principais fontes de renda, chegando a constituir um dos grandes ciclos econômicos do Brasil, no período provinciano, denominado de ciclo da cana-de-açúcar. Até os dias atuais a cana evoluiu bastante, de forma que as cultivares, hoje plantadas, são híbridas da cana nobre, cultivada no período colonial.

No Nordeste, a cultura teve sua expansão no período de 1970 a 1975, quando o programa do álcool (PROALCOOL) foi consolidado pelo Instituto do Alcool e do Açúcar (IAA) com recursos do fundo de exportação de açúcar. A expansão se deu, principalmente, nos tabuleiros costeiros devido às condições climáticas favoráveis para o cultivo da cana; nessa região, a irregularidade pluviométrica, em determinados períodos, causa déficit hídrico à cultura com conseqüente aumento no índice de mortalidade das socarias, provocando, dessa forma, a renovação precoce do canavial.

Para satisfazer à capacidade instalada das usinas de álcool e açúcar dos Estados do Nordeste, as empresas estão lançando mão de investimentos e fazendo uso de novas tecnologias que aumentam o rendimento da cultura. A irrigação suplementar ou integral da cana tem sido uma das alternativas tecnológicas para o aumento de produtividade. Entretanto, muitos dos produtores partem para a irrigação, de forma indiscriminada, não tomando conhecimento das necessidades hídricas da cultura e do comportamento da cana em condições de irrigação.

A cultura da cana-de-açúcar tem sido durante muitos anos, no Nordeste brasileiro, colocada em segundo plano no que diz respeito à irrigação. Para que ocorra um uso racional da água aplicada à cultura, faz-se necessário um estudo do seu comportamento (crescimento e desenvolvimento), quando submetida à condições diferenciadas de cultivo. São escassos os recursos literários sobre o desenvolvimento desta cultura em regime irrigado na região Nordeste.

A cultura tem sido mais estudada nas regiões sul e sudeste do país, bem como em outros países. Van den Berg et al. (2000) estudaram o desenvolvimento do sistema radicular da cultura no Estado de São Paulo. Alvarez et al (2000), em São Paulo, estudaram o crescimento radicular da cana-de-açúcar quando submetida ao corte queimado e ao corte cru. Ball-Coelho et al. (1992), estudaram a dinâmica do sistema radicular da cultura.

Wiedefeld (1995), no Texas, estudou os efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada no rendimento e qualidade da cana. Robertson et al (1999), na Austrália, estudaram a fisiologia e a produtividade da cana submetida ao déficit hídrico. Keating et al (1999), na Austrália, estudaram o desenvolvimento e o comportamento da cana em novos modelos de produção. Wiedefeld (2000), no Texas, estudou o efeito do estresse hídrico em diferentes estágios de crescimento sobre o rendimento da cultura da cana.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da cultura da cana-de-açúcar, no tocante as suas características morfo-fisiológicas, dentro de dois sistemas de cultivo (sequeiro e irrigado) visando responder algumas questões sobre o seu crescimento e desenvolvimento, desde a parte aérea até o sistema radicular e sua densidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SOBRE O CLIMA E O SOLO

A importância do ambiente, como um conjunto de elementos e fatores que atuam simultaneamente sobre as culturas, foi bem relatada nos trabalhos de Jackson et al. (1995), Arora & Gajri (2000), Bennett (2000) e Singh (2000). Segundo Blackburn (1984) o clima ideal para a cana-de-açúcar deve abranger uma estação de crescimento quente, com temperaturas médias diárias ao redor de 30 °C, com fornecimento adequado de água, e alta incidência de radiação solar; a estação de maturação e colheita devem coincidir com temperaturas médias diárias mais baixas, ao redor de 10 a 20 °C, baixa umidade no solo além de seca e, com alta incidência de radiação solar. O autor afirma que a temperatura é o mais importante dos fatores não controláveis que afetam o crescimento da cultura.

Para Weeller et al. (2000), a temperatura atua de forma crucial nas componentes de rendimento das culturas anuais, no entanto, segundo os autores, esse impacto não pode ser dissociado de fatores como a duração do período de desconforto térmico e sua coincidência com o estágio em que a cultura se encontra. Riha et al. (1996) afirmam que para a cultura do milho, a duplicação da temperatura reduz em 50% o rendimento da cultura.

Bacchi & Souza (1978), trabalhando com variedades cultivadas no Sul/Sudeste brasileiro, encontraram como temperatura crítica para o crescimento da cana-de-açúcar, 19-20 °C em culturas não irrigadas e 18-19 °C em culturas irrigadas. Barbieri et al. (1979) e Demétrio & Scárdua (1979) afirmam que a temperatura base (temperatura abaixo a qual o desenvolvimento pode ser considerado nulo) para a cana-de-açúcar está ao redor de 20 °C. Fauconier & Bassereau (1975) concluíram que o crescimento torna-se lento acima de 35 °C e praticamente nulo a partir de 38 °C.

Segundo Irvine (1980), a cana-de-açúcar é uma gramínea tropical do tipo C₄, que se caracteriza por apresentar elevada taxa fotossintética e alta produtividade biológica. Sendo a cana-de-açúcar do tipo C₄, pode-se afirmar que as plantas apresentam ponto de saturação luminosa elevado, portanto, quanto maior a intensidade luminosa, maior a taxa fotossintética e, em consequência, a taxa de crescimento da cultura (Alfonsi et al., 1987 e Larcher, 1995). Um fator importante para o seu desenvolvimento é o comprimento do dia, cujos efeitos podem ser confundidos com as diferenças de temperatura entre o inverno e o verão (Blackburn, 1984). Brunce (2001), estudando o efeito da ausência prolongada de luz na respiração de espécies C₃ e C₄, verificaram que outro fator importante é a concentração de CO₂ segundo esse autor, quanto maior a concentração de CO₂ na atmosfera, menor é a respiração tendo como consequência, um menor desenvolvimento da cultura.

Segundo Koffler & Donzeli (1987), embora a cana-de-açúcar seja uma planta muito rústica, os solos mais favoráveis ao seu cultivo são aqueles com profundidade entre acima de 60 cm de textura argilosa com relevo suave ou levemente ondulado e alta fertilidade, bem como, uma boa drenagem interna, sem impedimentos a mecanização e baixa susceptibilidade a erosão.

2.2. A CULTURA

2.2.1. Necessidade hídrica

Um suprimento adequado de água é essencial para o crescimento e desenvolvimento da cultura, com uma demanda em torno de 1200 mm/ano (Blackburn, 1984). Segundo Doorembo e Kassan (1979) a demanda hídrica da cultura está entre 1500 e 2500mm Para Alfonsi et al., 1987 nas áreas canavieiras do Brasil, o total de precipitação anual varia de 1100 a 1500 mm mm/ano.

2.2.2. Propagação

A propagação da cana-de-açúcar se dá por meio de estacas denominadas rebolos, cada um com seis ou sete gemas situadas logo acima da cicatriz foliar. Na zona de inserção das gemas situa-se a zona radicular com os primórdios radiculares. Segundo King et al. (1965), o rebolo, medindo em torno de 40 e 45 cm, possui três ou mais gemas e uma zona de formação radicular; sob boas condições, cada gema se desenvolve produzindo um broto primário e na zona radicular há grande número de raízes primárias que fornecem água e nutrientes aos brotos até que estes emitam suas próprias raízes.

Vários fatores afetam a brotação de gemas da cana-de-açúcar, sendo os principais, temperatura do solo, umidade do solo e profundidade de cobertura dos rebolos. Segundo King et al. (1975), o rebolo, meio de propagação da cultura, medindo em torno de 40 a 45 cm, possui três ou mais gemas adjacentes a cada gema, uma zona de formação de raízes; sob boas condições, cada gema germina produzindo um broto primário, e a zona de formação de raízes apresenta formação de um grande número de raízes primárias, que fornecem água e nutrientes aos brotos até que estes emitam suas próprias raízes. No início do desenvolvimento rebolo constitui uma reserva de água e nutrientes suficiente para manter os brotos nos seus primeiros dias (King et al., 1965; Bull & Glasziou, 1980). Tomer (1969), Hayamichi (1988),

Ellis & Lenkford, (1990), Sheu et al. (1992) e Oliveira et al. (1999) são alguns dos autores que estudaram o efeito de umidade do solo sobre brotação das gemas em cana-de-açúcar.

Moreira & Cardoso (2000), trabalhando com a cultivar RB 785148 em um latossolo vermelho amarelo, verificaram decréscimo na brotação em função do decréscimo da umidade do solo e afirmam que uma taxa de umidade relativamente baixa (22%) pode inibir a brotação das gemas e que a mesma decresce em função da diminuição da umidade do solo. Os autores testaram vários intervalos de irrigação e não encontraram diferenças significativas sobre a brotação dos rebolos.

2.2.3. Sistema Radicular

O sistema radicular desempenha papel de máxima importância no desenvolvimento da cultura e dentre suas inúmeras funções, Hartung e Devies (1993) citam a função de mensageiro. Segundo os autores, o sistema em condições de estresse pode funcionar como uma espécie de mensageiro fazendo com que a parte aérea da planta se proteja contra a perda d'água, fechando os estômatos.

A forma do sistema radicular da cultura é determinada pelas condições edafoclimáticas as quais a cultura é cultivada. Blackburn (1984) afirma que as raízes proliferam onde quer as condições de água disponível e aeração do solo sejam favoráveis. Vários padrões de crescimento do sistema radicular podem ser observados, mas qualquer que seja o padrão, pode-se dizer que aproximadamente 50% em peso de raízes ocorrem nos 20 cm superficiais do solo, e 85% nos 60 cm superficiais.

O crescimento das raízes não é apenas afetado pela umidade do solo, mas também pela temperatura do solo e pelo volume de solo disponível para o crescimento (Bull & Glasziou, 1975; Blackburn, 1984). Temperaturas excessivamente altas ou baixas do solo podem reduzir o crescimento radicular (Mongelard & Mimura, 1971). Hartung & Davies (1993) afirmam que outro fator importante, na distribuição de raízes no solo, relacionado com o teor de umidade do solo é o efeito do aumento no teor de ácido abscísico.

Bull & Glasziou (1975) afirmam que as raízes da cana-de-açúcar podem penetrar no solo através de regiões com potencial hídrico inferior a -15 ou -20 bars, se a massa principal de raízes estiver numa zona superficial com disponibilidade hídrica satisfatória.

As raízes de cana-de-açúcar começam a se desenvolver logo após o plantio, utilizando-se das reservas do rebolo. Segundo Blackburn (1984), é no início do desenvolvimento radicular que serão formadas as raízes de fixação e estas por sua vez irão suprir os rebentos originários das gemas.

Para Sampaio et al. (1987), o sistema radicular da cana-de-açúcar merece atenção especial, pelo fato de ser ele essencial para a regeneração das socarias após o corte da cana.

Em cana soca, ao mesmo tempo em que ocorre a brotação, um novo sistema radicular será formado, fato esse de extrema importância para a alimentação dos rebentos em sua fase inicial de desenvolvimento Casagrande (1991).

No final do ciclo da cana planta, as raízes mais novas são superficiais, em função das ramificações secundárias ocorrerem após o crescimento em alongamento nos nós situados um pouco acima do rebento. Por outro lado, em cana-soca devido as adversidades do solo (compactação causada pelo tráfego), ao fato de o ciclo ser mais curto e a brotação se dar próximo a superfície, quanto maior o número de cortes mais o sistema radicular se torna superficial, Alvarez et al. (2000).

Fernandes (1979), em estudo com a cana-planta, observou que o sistema radicular da planta é mais desenvolvido que o da soca. Ao contrário, Ball-Coelho et al. (1992), estudando o sistema radicular da cana-de-açúcar, afirmam que a cana soca possui maior quantidade de raízes.

Korndörfer et al. (1989) concluíram que há um maior relação raiz/parte aérea de cana-soca, quando comparado com a cana-planta, aos 10,6 meses do plantio em um Latossolo Vermelho Álico, encontram 90% do sistema radicular nos primeiros 30 cm de profundidade.

Nesse estudo a variedade SP 70-1143 apresentou maior massa seca de raízes dentre as cinco variedades estudadas e uma relação raiz/parte aérea encontrada foi da ordem de 10,2%.

No desenvolvimento da cana-de-açúcar, a matéria seca das raízes e da parte aérea é função das condições edafoclimáticas (Machado et al., 1987). Segundo Inforzato & Alvarez (1957), a variação na distribuição relativa das raízes nas primeiras camadas deve-se a variação da umidade do solo.

Segundo Sampaio et al. (1987) o sistema radicular serve de reserva para a rebrota da soca. O autor identificou ainda que 75% das raízes localizaram-se nos primeiros 20cm de profundidade e que 55% estavam a pouco menos de 30 da toucaria.

Inforzato & Alvarez (1957) concluíram que o maior adensamento de raízes ocorre nos primeiros 30cm com um percentual de 59%. Ball-Coelho et al. (1992) observaram que 62,69% da matéria seca de raízes situa-se nos primeiros 50cm de profundidade, observaram ainda que entre 38 e 48% das raízes ativas, estão nos primeiros 30cm superficiais. Segundo os mesmos autores não existem raízes a 1m de profundidade quando se tomou como referência pontos mais próximos aos colmos.

Alvarez et al. (2000) em estudo com cana crua e queimada em dois ciclos, concluíram que as raízes se concentravam mais na superfície e de forma mais marcante na proximidade do eixo da toucaria. No caso da cana crua, segundo os autores no primeiro ano cerca de 75% das raízes se concentraram nos primeiros 40cm de profundidade, caindo para 70% no segundo ano. Em esses percentuais são menores, sendo 72% no primeiro ano e 68% no segundo ano.

Van den Berg et al. (2000) estudando o rendimento potencial da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, demonstram que quanto maior o volume de raízes por camada, maior o rendimento potencial da cultura, tanto para cana planta como para cana soca. Os autores afirmam que houve um decréscimo no rendimento em relação a retenção de água no solo, no entanto, os valores tendem a aumentar com o aumento do volume de raízes no solo.

2.3. FISILOGIA DA PARTE ÁEREA

2.3.1. Morfologia das folhas

As folhas da cana-de-açúcar são alternadas e opostas, consistindo de uma lâmina e uma bainha envolvendo o colmo (Blackburn, 1984). Humbert (1968) afirma que as folhas são a fábrica na qual a água, o dióxido de carbono e os nutrientes são convertidos em carboidratos na presença da luz solar. O autor atribui, ainda, três funções principais podem ser atribuídas às folhas: 1) produção de carboidratos (fotossíntese); 2) síntese de outros compostos a partir de carboidratos e 3) transpiração.

Em contrapartida, Larcher (1995) afirma que os custos e benefícios de uma folha, envolve mais que simplesmente o acúmulo de carbono, para a produção de carboidratos e síntese de compostos orgânicos.

Há uma constante renovação das folhas, sendo estas substituídas por folhas mais novas e mais eficientes do ponto de vista fotossintético (Van Dillewijn, 1950 e Machado, 1987). Portanto, a área foliar da planta depende do balanço entre as taxas de emissão e de senescência foliar.

O número de folhas verdes é pequeno em plantas jovens e aumenta à medida que o colmo cresce, atingindo um número máximo de 10 a 15 folhas por colmo, dependendo da variedade e condições de crescimento. A partir daí, à medida que novas folhas emergem, as mais velhas e inferiores secam, morrem e caem, Humbert (1968).

Para Larcher (1995), o curto tempo de vida de uma folha é função do ecossistema. Segundo o autor, o desenvolvimento de uma nova folha pode ser calculado em termos de glicose equivalente ou em termos de requerimento de energia. O autor cita que do total da matéria seca acumulada em uma folha 59% é polissacarídeo, 25% proteínas, 6% lipídeos e 10% matéria mineral, sendo necessário para produzir tais índices 1,50, 2,50, 2,94 e 0,10 gramas de glicose, respectivamente.

2.3.2. área foliar

Para se caracterizar a densidade de área foliar que cobre um terreno, é comum a utilização do chamado Índice de Área Foliar (IAF), citado por Watson (1947), O como sendo a área de folhas por unidade de terreno (m^2 de folhas/ m^2 de terreno). Para a curva de crescimento da cultura é possível a divisão de três períodos distintos, abordado mais adiante. Já para o crescimento foliar, representado pelo IAF, pode acrescentar-se a uma quarta fase: a de ligeiro ou mesmo pronunciado decréscimo do seu valor (Leme et al., 1984; Maclean et al., 1968)

Segundo Machado et al. (1982), no início da cultura o IAF é pequeno e apresenta um crescimento lento, aumentando rapidamente depois, até um valor máximo, a partir do qual permanece praticamente constante ou diminuindo em condições climáticas desfavoráveis. O aumento do IAF ocorre tanto em função do aumento do número de folhas por colmo, como do aumento da área foliar individual.

Existe uma substancial associação entre a produtividade da cultura e a superfície total fotossinteticamente ativa representada pelo IAF (Irvine, 1975). Segundo Hesketh & Baker (1967), o valor de IAF está intimamente associado com a quantidade de luz absorvida e com fotossíntese total.

Para Machado et al. (1985), ao ser interceptada pelo dossel foliar da cultura, a radiação solar pode ser absorvida transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo de incidência dos raios solares e das características estruturais das plantas; sendo que, o IAF é uma destas características. O autor afirma que o Índice de Área Foliar ótimo não é necessariamente o máximo índice registrado, mas aquele no qual as folhas inferiores fotosinteticamente ativas sejam mantidas ligeiramente acima do ponto de compensação, para que não tenham que ser suportadas por metabólitos transportados de folhas superiores. Por outro lado, se o IAF é menor que o valor ótimo, parte da radiação solar será desperdiçada, e a produtividade cairá abaixo da potencial.

Trípani et al. (1992) afirmam que a interceptação da luz solar está diretamente relacionada com IAF da cultura. Para Maddonni & Otegui (1996) e Robertson et al. (1996), a

relação entre o índice de área foliar fotossinteticamente ativo e a interceptação da luz na cultura do milho e da cana-de-açúcar, respectivamente, é linear crescente, isto é, quanto maior o IAF, maior a interceptação da luz solar considerando ainda as variações genotípicas. O acúmulo de biomassa em função da taxa de fotossíntese está diretamente associado com a interceptação da luz solar (Muchow et al., 1990).

De acordo com Chang (1968), a variação sazonal de IAF tem um peso fundamental na decisão da data de plantio. É ideal que o IAF máximo ocorra quando as condições climáticas são mais favoráveis à fotossíntese, ou seja, na época de maior disponibilidade de radiação solar.

Chang (1968) também demonstrou que a área foliar ótima está ao redor de 9 a 12 m² de folhas por m² de terreno. San José & Medina (1970) encontraram um valor máximo de IAF de 7,6. Yoon (1971) encontrou valores de IAF, no crescimento máximo, da ordem de 5 e valores de IAF na maturação de 3,56. Machado (1981) mostra valores de IAF máximos ao redor de 3,7 não decrescendo mais a partir deste ponto. Robertson et al. (1999) encontraram valores máximos de 4,92 para cultura irrigada e 4,11 para a cultura sob déficit hídrico. Keating et al. (1999) observaram valores máximos da ordem de 7.

2.3.3. Formação e crescimento dos colmos

A curva de crescimento da cana-de-açúcar apresenta a forma sigmoide e provavelmente sem influencia varietal (Bull & Glasziou, 1975; Machado et al., 1981 e V Machado et al., 1982, apresentando três fases característica :1) fase inicial de crescimento lento 2) fase de crescimento rápido e 3) fase final de crescimento lento ou estabilizado. Entretanto Jacson et al., (1995) afirmam que ocorre interação significativa entre genótipos e ambiente, no que se refere ao desenvolvimento da cultura.

O perfilhamento em cana-de-açúcar pode ser dividido em três fases: 1) fase inicial em que o perfilhamento é intenso e atinge um número máximo em torno de três a cinco meses após o plantio; 2) Fase intermediária onde há morte acentuada dos perfilhos,

principalmente aqueles menos desenvolvidos; 3) Fase final onde o número de perfilhos permanece estável até a colheita. A mortalidade dos colmos coincide com a época em que o IAF aumenta rapidamente sugerindo que além da competição por água e nutrientes, o sombreamento atua de forma marcante na determinação desse comportamento. O colmo é formado por uma seqüência de internódios em diferentes estádios fisiológicos (internódios maduros, em maturação e imaturos) a medida que se desenvolve a sua taxa de crescimento diminui progressivamente até ser nulo, quando amadurece (Machado, 1987). O número de colmos por unidade de terreno é um dos componentes que mais afeta a produtividade em cana (Matherne & Irvine 1978, citados por Machado 1987).

A água desempenha um papel importante no alongamento dos perfilhos e altura final dos colmos em cana-de-açúcar (Chang et al 1968). Os tecidos mais severamente afetados pelo estresse hídrico são os de alongamento e meristemático (Hartt 1967).

Koehler et al. (1982) afirmam que em plantas sob condições de estresse hídrico a redução no alongamento dos colmos pode chegar a 80 %. Fogliata (1972) observou que plantas sob déficit hídrico crescente sofrem decréscimo no alongamento da ordem de 50% Thompson (1976) observou uma redução, no comprimento dos colmos de 2,4m para 0,73m e no peso de 800g para 220g, em plantas sob o efeito de estresse hídrico prolongado.

Robinson (1963), no Hawai, afirma que o crescimento diminui quando o potencial da água no solo se aproxima de 2 atm a uma profundidade de 30 cm

2.4. DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO DAS CULTURAS

Divisão celular, desenvolvimento e expansão das células, são funções das quais depende o crescimento de um vegetal (Larcher, 1995), funções estas sensíveis ao déficit hídrico. Após a fase de alongamento, a célula fica preparada para expandir, bastando que haja pressão hidrostática ou pressão de turgor. Nóbrega (2000).

A água, além de ser o principal constituinte do protoplasma, participa diretamente de muitas reações químicas as quais são responsáveis pela turgescência celular, por tanto, a redução na sua absorção tem como consequência a desidratação celular, comprometendo, assim, os processos fisiológicos e, conseqüentemente, os componentes do crescimento (Páez et al., 1995).

O estresse hídrico desenvolve uma redução gradativa do potencial osmótico em função do aumento na concentração de soluto, por consequência do baixo conteúdo de água na célula. Esse fenômeno é denominado ajustamento osmótico que pode conferir a planta uma manutenção completa ou parcial do turgor (Hate & Orcutt, 1987).

A fotossíntese é o processo pelo qual é transformada energia solar em energia química, sendo a produtividade das culturas uma função direta da eficiência fotossintética (Larcher, 1995). Lopes et al. (1988) e Richie et al. (1990) são alguns dos pesquisadores que têm investigado a influencia do déficit hídrico sobre a eficiência fotossintética de algumas culturas. O déficit hídrico reduz as trocas gasosas, especialmente de CO₂ e sua condução para a folha (Lopes et al., 1988;); com a interrupção do déficit hídrico, as trocas gasosas tendem a voltar ao normal, porém, a velocidade é lenta (Nobrega, 2000). Para Mota (1983), a recuperação é lenta quando a planta chega próximo ao ponto de murcha e depende de fatores edáficos e do manejo da irrigação, além, é claro, da espécie envolvida.

O estresse hídrico causa uma redução gradativa do potencial osmótico em função do aumento na concentração de solutos, por consequência do baixo conteúdo de água na célula. Esse fenômeno é denominado de ajustamento osmótico que pode conferir à planta uma condição parcial ou completa de do turgor (Hate & Orcutt, 1987).

As plantas estão sujeitas a uma grande variedade de estresses ambientais, incluindo temperaturas anormais, condições químicas e físicas de solo desfavoráveis e a várias doenças e pragas, contudo, pode-se dizer que o déficit hídrico reduz o crescimento e produtividade vegetal mais que todos os outros estresses combinados, pois ocorre em qualquer local, mesmo nas regiões consideradas úmidas (Kramer, 1983). Para Taiz & Zeiger (1991), o déficit hídrico não é limitado apenas às regiões áridas e semi-áridas do mundo, mas, mesmo

em regiões consideradas climaticamente úmidas, a distribuição irregular das chuvas provoca períodos cuja disponibilidade hídrica limita o crescimento.

Simplificando, pode-se dizer que o déficit hídrico se desenvolve durante períodos em que a perda de água por transpiração excede os ganhos por absorção (Kramer, 1983). Para esse autor, o déficit hídrico em cana-de-açúcar pode ser causado tanto pela perda excessiva de água, quanto por uma baixa absorção de água, ou pela associação dos dois processos, sendo que este é um fator climático que apresenta um papel dominante no crescimento da cultura.

O déficit hídrico afeta vários aspectos do crescimento vegetal. Os efeitos gerais mais óbvios do estresse hídrico são a redução do tamanho das plantas, da sua área foliar e da produtividade da cultura (Kramer, 1983). E, o que é importante, o grau de injúria causado pelo déficit hídrico depende consideravelmente do estágio fenológico da planta em que ele ocorre e da duração do estresse. Segundo Barlow et al. (1980), o crescimento vegetal depende da divisão celular, do crescimento e da diferenciação da mesma, sendo que todos esses processos são afetados por déficits hídricos, mas não necessariamente na mesma proporção.

Para Kramer (1983), tanto a divisão celular quanto o crescimento das células é reduzido pelo déficit hídrico, embora não se conheça bem a sensibilidade de cada processo, variando a sensibilidade com a idade do tecido e com as condições de cultivo em estádios anteriores.

Taiz & Zeiger (1991) afirmam que um efeito de particular importância, em resposta a um déficit hídrico, é a limitação à expansão da área foliar. Segundo os autores o decréscimo da área foliar é a primeira resposta ao déficit hídrico, podendo ser considerado como uma primeira linha de defesa contra a seca. O estresse hídrico não apenas limita o tamanho de cada folha, mas também limita o número de folhas, não apenas pela diminuição no surgimento de novas folhas, mas também, pelo aumento da abscisão foliar (o estresse hídrico provoca uma maior síntese e uma maior sensibilidade ao hormônio etileno endógeno). Kramer (1983) afirma que ocorre aumento da concentração de ácido abscísico em folhas com estresse hídrico, com conseqüente aumento na taxa de queda de folhas.

Bull & Glasziou (1975) afirmam que em algumas variedades de cana-de-açúcar o dossel foliar entra em colapso e se torna senescente logo no início de uma seca, mas é capaz de rápida regeneração quando esta seca é interrompida.

Yassen & Al-Omary (1994) afirmam que a redução da área foliar devido ao estresse hídrico pode ser atribuída principalmente à redução do número de células e à redução do volume celular. O decréscimo em ambos os processos, segundo os autores, é altamente significativo, especialmente em condições de baixo potencial matricial. Os autores também encontraram diferentes respostas em função dos diferentes estágios de crescimento.

Sobre a importância do estágio do crescimento no grau de manifestação do estresse hídrico, ainda pode ser citado o trabalho de Grimes et al. (1970) e o de Vaux Jr. & Pruitt (1983). Os últimos autores afirmam que, em algumas culturas, o crescimento em um estágio depende, em parte, do crescimento e condições de estresse hídrico ocorridos em um estágio anterior. Kleinendorst (1975) afirma que, se ocorre uma situação de estresse prolongado, as paredes celulares podem se tornar muito rígidas, reduzindo a expansão celular quando o turgor volta a aumentar, isto é, quando a situação de estresse acaba.

A relação entre a umidade do solo e o crescimento da cana-de-açúcar foi bastante estudado no Havaí. Vários trabalhos da primeira metade do século já mostram diminuição no crescimento da cultura quando a umidade do solo decresce (Heck, 1934; Wadsworth, 1934 e Wadsworth, 1936).

Heck (1934), citado por Richards & Wadleigh (1952), reporta que a taxa de crescimento das plantas de cana no campo é definitivamente reduzida se a tensão de água no solo excede a 0,25 a 0,35 atmosfera nos 30 cm superficiais do solo.

Wiefenfeld (2000) estudando o efeito do estresse hídrico na cultura da cana-de-açúcar em cinco diferentes estágios (em um ano com precipitação de 478mm) observou redução de 8,3 a 15% no rendimento da cana quando a cultura foi submetida ao estresse hídrico no 3º (257 a 272 DAP) e 4º (302 a 347 DAP) períodos.

Robertson et al. (1999) estudando os efeitos do estresse hídrico em três estádios diferentes, na fisiologia e produtividade da cana-de-açúcar verificaram diferenças de até 53% no rendimento total da biomassa quando comparado ao tratamento de irrigação plena com o estresse no início do ciclo a avaliação feita aos 125 DAP. No mesmo experimento, em uma avaliação realizada aos 176 DAP a redução foi de 78%. Os autores observaram redução de 1,81 para 0,89 no índice de área foliar aos 125 DAP e de 3,06 para 2,65 aos 176 DAP

Wiedenfeld (1995) submetendo a cana 'CP65-357' a três níveis de irrigação (alto 95%, médio 85% e baixo 65% do conteúdo da água do solo) cita diferenças significativas no rendimento e qualidade da cana quando submetida a três níveis de irrigação (120; 89 e 70 t/ha, respectivamente).

Os vegetais são organismos capazes de se adaptarem as mais variadas condições de adversidade de forma que um déficit hídrico de forma abrupta pode afetar os mecanismos de ajuste. Plantas cultivadas sob condições ótimas são menos resistentes que aquelas cultivadas sob condições de estresse hídrico. Levitt (1980) demonstrou que em déficit hídrico os ajustamentos fisiológicos determinam as respostas adaptativas de ordem morfoanatômicas.

Em Robertson et al. (1999), é possível observar a resposta morfoanatômica da cultura da cana-de-açúcar. Os autores verificaram que a cana responde de forma significativa ao estresse hídrico, ocorrendo redução em alguns índices biométricos e qualitativos como IAF, acúmulo de biomassa e rendimento em sacarose.

Segundo Larcher (1995), um período de déficit hídrico, por mais curto que seja, pode dar início a um processo de síntese de ácido abscísico e etileno, provocando a cenesência prematura da planta como forma de diminuir a evapotranspiração. (Figura 1).

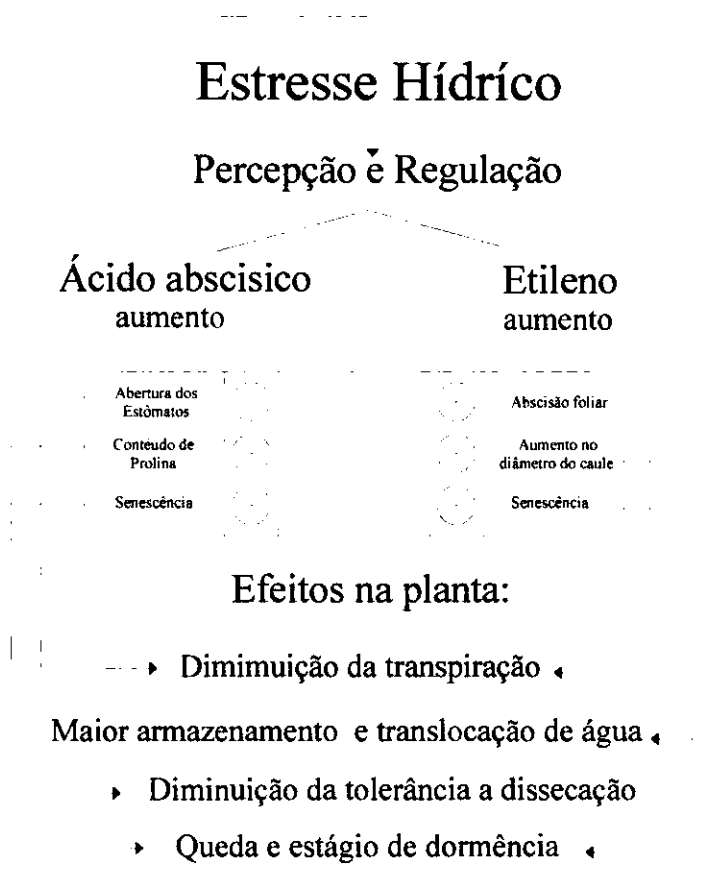


Figura 1. Efeito do estresse hídrico sobre a regulação de fitormônios. Adaptado de Larcher, 1995.

2.5. QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

2.5.1. Estresse hídrico e o teor de sacarose da cana

Wiedenfeld (1995) quando estudou os efeitos da irrigação sobre a qualidade da cana 'CP65-357' submetida a três níveis de irrigação (alto 95%, médio 85% e baixo 65% da fração de esgotamento da água do solo) verificou diferenças significativas sobre a qualidade da cana. Para o autor os resultados observados no rendimento em açúcar foram de 13, 10 e 7,5 t/ha, respectivamente, e em relação a pureza 87, 86 e 85%, respectivamente.

Wiedenfeld (2000) estudando o efeito do estresse hídrico na cultura da cana-de-açúcar em cinco diferentes estágios (em um ano com precipitação de 478mm) observou redução de 11 a 19% no rendimento em açúcar quando a cultura foi submetida ao estresse hídrico no 3º (257 a 272 DAP) e 4º (302 a 347 DAP) períodos.

Robertson e Donaldson (1998) estudaram os efeitos da suspensão da irrigação por ocasião da colheita em 37 experimentos, conduzidos de 1966 a 1995 no sul da África, e observaram que o rendimento em sacarose da cultura, quando submetida ao "drying-off" aumenta em 10%.

Robertson et al. (1999) trabalhando com a cana-de-açúcar submetida a três tratamentos de irrigação (plena, semi-plena e déficit severo), verificaram queda no rendimento em sacarose com a baixa umidade. Para os autores o rendimento em sacarose cai de 2,79 para 0,91 t/ha enquanto que o teor de sacarose decresce de 0,32 para 0,22 uma diferença significativa.

A condição de estresse hídrico pode ser causada por fatores externos e não somente pela baixa umidade do solo. A salinidade do solo, por exemplo, pode atuar sobre a planta de forma a impedir a absorção de água em função da diferença de potencial osmótico entre a planta e solo. Neste sentido, alguns pesquisadores como Linge & Wiegand (1997) e Nelson & Ham (2000) estudaram o efeito da salinidade do solo sobre a qualidade da cana.

Para Lingle & Wiegand (1997) o aumento mínimo médio da salinidade do solo de 0,5 para 1,0dS/m e máximo médio de 6,6 para 9,5dS/m, em dois anos de estudo, causa redução no Brix de 20 para 15%. Os autores afirmam que Pol e Brix decrescem linearmente com o aumento da condutividade elétrica do solo, e conseqüentemente o rendimento em sacarose.

Nelson & Ham (2000) estudaram o comportamento da cultura da cana quando cultivada em solo salino sódico. Os autores afirmam que para uma variação na percentagem de sódio trocável da camada superior do solo de 4,0; 10,7 e 21,7 % a redução do rendimento em açúcar é de 10, 25 e 50%, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E ESQUEMA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na fazenda Capim II¹, localizada no município de Capim-PB (Lat 6,50 Long 35,7 alt. 54), em uma área total de 3,5 ha, sendo 1,3 ha irrigados e 2,2 ha em condições de sequeiro, utilizando-se a cultivar SP 79 1011 de cana-de-açúcar

Com o objetivo de avaliar o efeito da umidade, nas duas áreas estudadas (Irigada e de sequeiro) sobre as variáveis, fisiológicas e de produção, ao longo do ciclo (épocas), os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos completos casualizados sob esquema fatorial, utilizando-se na análise de variância o teste F e para comparação das médias o teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade (Ferreira, 1996)

O trabalho constituiu-se de dois fatores; sendo o primeiro a condição de umidade do solo (U) e o segundo a época de avaliação (E), assim distribuídos.

M – Manejo: 1) Com irrigação (Pivô Central)
2) Sequeiro

¹ Uniagro/Grupo Cavalcante de Morais.

- P: Períodos de coletas
- 1) 30 dias após o plantio (DAP)
 - 2) 60 DAP
 - 3) 98 DAP
 - 4) 171 DAP
 - 5) 246 DAP
 - 6) 280 DAP

A combinação dos fatores resultou em 12 tratamentos com seis repetições, a parcela utilizada para a coleta de plantas em cada avaliação, constituiu-se de uma fileira de 1,5m num total 9m linear para cada avaliação.

O solo da fazenda é classificado como uma associação de Latossolo Vermelho Amarelo, fragipam textura média com Latossolo Vermelho Amarelo, Latossólico textura média. As características físico-hídricas e químicas do solo estão apresentadas nas Tabelas 1,2 e 3.

O plantio foi realizado em 05 de Fevereiro de 2000 com as linhas no sentido sudoeste, onde foram semeados os rebolos de aproximadamente 45cm e com seis gemas, cada um. Os rebolos foram dispostos em linha com as pontas cruzadas no fundo do sulco, a uma profundidade de 30cm, mantendo-se o espaçamento de 1,2m entre fileiras. Em todas essas operações foram seguidas as rotinas que são de praxe e adotadas pelos produtores de cana da região.

Durante o experimento a cultura recebeu os tratamentos culturais rotineiramente utilizados pela fazenda consistindo de adubações, capinas e aplicação de herbicida. Foi realizada adubação de fundação com duas fontes de fósforo* sendo aplicados 200kg de P_2O_5 . Na adubação de cobertura* foi aplicado 51kg/ha de uréia como fonte de Nitrogênio 62kg/ha de cloreto de potássio como fonte de Potássio.

* Super simples nas formulações: 00:18:00 e 00:28:00.

* Na adubação de cobertura foi utilizada a formulação 16:00:20.

Tabela 1. Análises físico-hídricas do solo das áreas estudadas com a cultura da cana-de-açúcar.

Granulometria (%)	Profundidade (cm)				
	Área Irrigada				
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Areia	54,14	60,15	47,09	30,06	31,56
Silte	6,01	4,01	7,02	20,04	15,15
Argila	39,85	35,84	45,89	49,90	53,29
Textura	Argila arenosa	Argila arenosa	Argila arenosa	Argila	Argila
Densidade (g/cm ³)					
Aparente	1,65	1,63	1,65	1,72	1,66
Real	2,64	2,78	2,74	2,70	2,77
Porosidade (%)	37,5	41,36	39,78	36,29	40,07
Umidade Natural	1,11	1,11	1,37	1,37	1,52
Umidade (%)					
0,33 atm	10,59	11,19	17,74	17,09	20,36
15,00 atm	7,83	8,48	13,03	12,80	15,22
Água disponível	2,76	2,71	4,71	4,29	5,14
	Área de sequeiro				
Areia	58,14	56,14	38,07	40,06	26,00
Silte	8,02	6,02	10,03	9,03	21,07
Argila	33,84	37,84	51,90	50,91	52,93
Textura	FAA	Argila arenosa	Argila	Argila	Argila
Densidade(g/cm ³)					
Aparente	1,69	1,66	1,66	1,65	1,63
Real	2,82	2,67	2,78	2,78	2,73
Porosidade (%)	40,07	37,82	40,28	40,64	40,29
Umidade natural	1,16	1,06	1,37	1,47	1,57
Umidade (%)					
0,33 atm	12,94	11,66	17,29	21,41	21,12
15,00 atm	9,31	8,16	11,89	15,00	14,91
Água disponível	3,63	3,50	5,40	6,41	6,21

Tabela 2. Análises químicas do solo da área irrigada.

Características Químicas		Profundidade				
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Complexo Sorativo meq/100g de solo	Cálcio	0,07	0,14	0,07	0,06	0,07
	Magnésio	0,54	1,01	0,33	0,39	0,50
	Sódio	0,08	0,12	0,05	0,07	0,07
	Potássio	0,08	0,12	0,03	0,03	0,03
	Somatório	0,78	1,39	0,47	0,55	0,66
	Hidrogênio	6,01	14,31	8,83	7,20	4,84
	Alumínio	0,19	0,14	0,18	0,15	0,18
	Total	6,99	15,84	9,48	7,89	5,68
Carbonato de Cálcio Qualitativo		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
pH	H ₂ O (1:2,5)	4,34	4,48	4,44	4,67	4,69
CE - mmos/cm suspensão água-solo		0,10	0,16	0,07	0,07	0,06
pH (Extrato de Saturação)		4,18	4,20	4,36	4,63	4,76
CE - mmos/cm Extrato de Saturação		0,34	0,85	1,21	0,23	0,42
meq/l	Cloreto	2,00	4,20	2,00	2,60	1,85
	Carbonato	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Bicarbonato	0,50	0,32	0,60	0,38	0,52
	Sulfato	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Cálcio	1,08	1,25	0,68	0,75	0,68
	Magnésio	1,73	5,75	2,35	1,73	1,45
	Potássio	0,03	0,06	0,01	0,01	0,01
	Sódio	0,09	0,17	0,07	0,11	0,09
Percentagem de Saturação		24,67	24,00	29,07	33,33	40,00
Relação de Adsorção de Sódio						

Tabela 3. Análises químicas do solo da área com cultivo de sequeiro.

Características Químicas		Profundidade					
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
Complexo Sortivo	meq/100g de solo	Cálcio	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06
		Magnésio	0,82	0,35	0,32	0,26	0,39
		Sódio	0,10	0,05	0,08	0,07	0,06
		Potássio	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03
		Somatório	1,09	0,52	0,50	0,42	0,53
		Hidrogênio	9,58	12,17	8,71	8,14	6,28
		Alumínio	0,14	0,16	0,18	0,17	0,19
		Total	10,81	12,85	9,39	8,73	7,00
Carbonato de Cálcio Qualitativo		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
PH	H ₂ O (1:2,5)	4,89	4,53	4,45	4,48	4,55	
CE - mmos/cm	suspensão água-solo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
pH (Extrato de Saturação)		4,54	4,38	4,45	4,54	4,62	
CE - mmos/cm	Extrato de Saturação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
meq/l		Cloreto	2,50	2,40	1,80	1,45	1,80
		Carbonato	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
		Bicarbonato	0,32	0,78	0,33	0,86	0,22
		Sulfato	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
		Cálcio	0,63	0,73	0,73	0,73	0,73
		Magnésio	2,15	1,55	1,45	1,35	1,30
		Potássio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Sódio	0,13	0,16	0,13	0,10	0,08
Percentagem de Saturação		22,00	22,00	30,73	31,07	36,73	
Relação de Adsorção de Sódio							

Foi aplicado na cultura, para o controle de ervas daninhas o herbicida sistêmico Roundup². Durante todo o período experimental coletou-se todos os volumes precipitados (Tabela A₁) em uma estação de observação localizada a 200m do talhão experimental.

Para o cálculo do volume de água no solo foi utilizado o método gravitacional que toma por base o peso do solo seco, com amostragens antes e depois de cada irrigação. No período cuja precipitação excedeu a lâmina a ser aplicada não se irrigou, sendo a umidade do solo considerada como aquela que deixaria o solo na capacidade de campo.

² Herbicida de ação total para aplicação em pós-emergência. Tem como princípio ativo o glifosato.

Os valores de umidade do solo foram calculados de acordo com as expressões abaixo citadas para uma camada de 80 cm de espessura considerada por ocasião do projeto de irrigação por pivô central.

$$U_z = \frac{PS_U - PS_S}{PS_S} \quad (1)$$

$$A_d = \theta \cdot Z = U \cdot da \cdot Z \quad (2)$$

Onde: U_z = Umidade com base no peso do solo seco, na profundidade Z

PS_U = Peso do solo úmido (g)

PS_S = Peso do solo seco (g)

A_d = Água disponível na camada considerada

θ = Umidade na base de solo úmido ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)

da = Densidade aparente ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

Z = Profundidade da camada (cm)

As irrigações, a priori, foram programadas para cada 12 dias quando a água disponível atingisse cerca de 25% do conteúdo total de água do solo, na profundidade de 80 cm (Figura 2), no entanto, devido ao elevado índice de precipitação do ano 2000 (Tabela A₁), as irrigações tiveram início somente quando se considerou que a precipitação não foi suficiente para repor a umidade do solo apropriada à cultura, pelo período de 12 dias (turno de irrigação calculado no projeto).

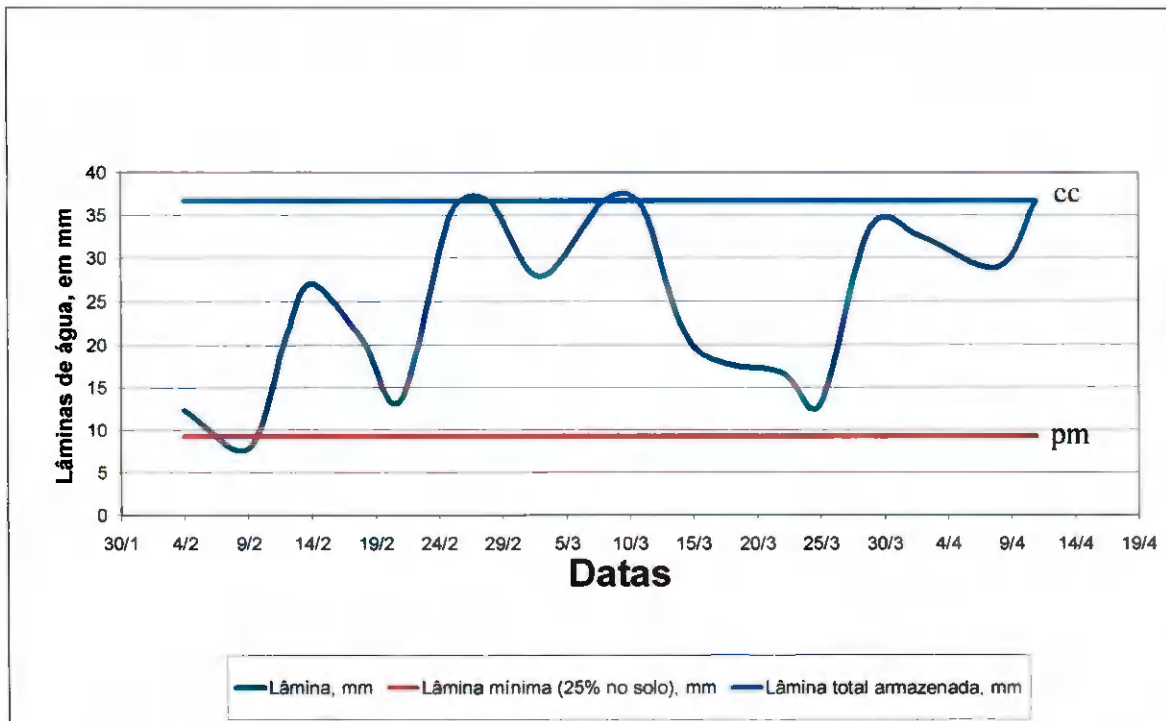


Figura 2. Monitoramento das irrigações até o início do período chuvoso de 2000.

3.2. AMOSTRAGENS

Os dados coletados aos 30, 60, 98, 171, 246 e 280 dias após o plantio (DAP). A amostra do tipo destrutiva, consistiu de todas as plantas contidas em 1,5m de fileira em seis repetições com espaçamento entre linhas de 1,2m, totalizando uma área de 10,8m² por amostragem. Do total de plantas colhidas utilizou-se uma subamostra de cinco plantas, de forma aleatória, para as determinações dos parâmetros da parte aérea, tais como: comprimento e largura das folhas. Foram determinados ainda em todas as plantas da amostra:

- Número de folhas
- Perfilhamento por parcela
- Número de internódios
- Altura de plantas
- Fitomassa fresca do colmo

3.3. DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO

A análise de crescimento de uma planta envolve diversos outros parâmetros a serem pré-determinados. Área foliar e peso de fitomassa seca representam dois dos mais importantes parâmetros a serem determinados.

Na determinação da área foliar foram utilizados perfuradores (vasadores com Φ de 20, 13, e 9 mm), relacionando-se, através do método gravimétrico, a área dos círculos com os seus respectivos pesos de fitomassa seca com o peso da fitomassa seca do restante da folha, obtendo-se, assim, a área foliar de cada folha fotossinteticamente ativa

3.3.1 Sistema radicular

Os dados coletados para analisar o crescimento radicular foram oriundos de seis coletas durante o ciclo da cultura. As coletas foram realizadas nas duas áreas (irrigada e de sequeiro) nos períodos correspondentes a 30, 60, 98, 171, 246 e 280 DAP.

Foi destinada uma área de 1m^2 , entre fileira, para cada repetição, num total de três repetições. O método utilizado na coleta das raízes consistiu de um trado coletor de 15cm de altura e 7,5 cm de diâmetro com um volume de $662,68\text{ cm}^3$. A área amostrada (1m^2) foi retalhada, no sentido paralelo a fileira, em espaços de 20 cm e no sentido perpendicular a fileira de plantas a área foi dividida em espaços de 15, 35, 50, 65, e 85cm Figura 3.

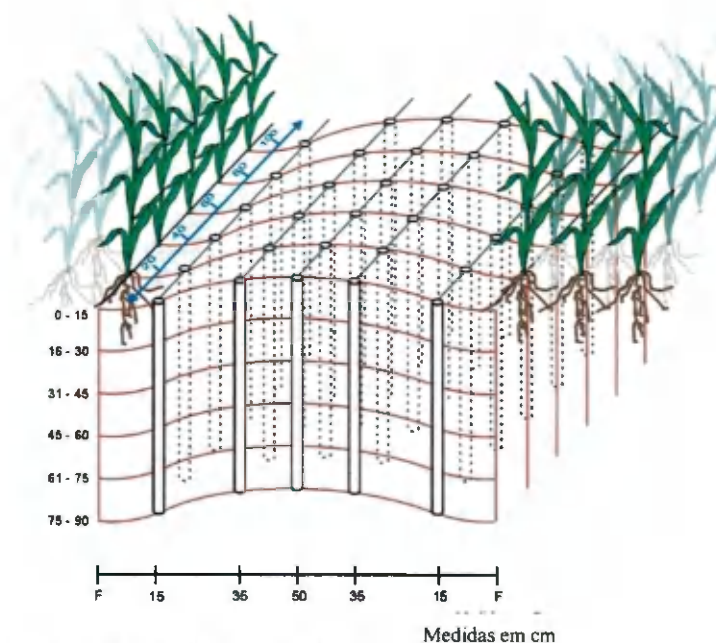


Figura 3. Esquema de coleta de raízes.

As profundidades coletadas foram: 0-15, 16-30, 31-45, 46-60, 61-75 e 76-90, totalizando 540 amostras para cada tratamento estudado. Após a coleta obtida pelo trado procedeu-se, em laboratório, a lavagem do solo com peneiras de malha de dois milímetros em seguida submeteu-se as amostras de raízes, devidamente separadas, a secagem em estufa de circulação forçada a 65° C.

3.3.2. Perfilhamento e rendimento

Para se ter idéia do comportamento da cultura quanto a brotação das gemas, bem como do rendimento da cultura ao final do ciclo, foi realizada a contagem de perfilhos por repetição (1,5m, totalizando nove metros linear) em cada amostragem (30, 60, 98, 171, 246 e 280 DAP) e no que diz respeito ao rendimento, cada planta foi pesada de forma tal que no final se possa obter uma estimativa do rendimento em cada amostragem.

3.3.3. Fenologia da planta

Em todas as coletas procedeu-se as determinações de altura das plantas por repetição, (assumindo que a altura compreende o espaço entre o corte, na base, e a última inserção foliar, marca de um novo internódio da bainha das folhas mais novas, no ápice da planta), número de folhas por planta (incluindo as folhas secas) e número de internódios por colmo.

3.3.4. Fitomassa seca da parte aérea

De acordo com Hunt (1982), A análise fisiológica do crescimento de crescimento só é possível se determinarmos a quantidade de matéria seca da planta. Com esse intuito, em laboratório, foram separados os colmos, as lâminas foliares das bainhas para posterior determinação da matéria seca total de cada amostra em estufa de circulação forçada a 65 °C, durante 20 dias. O peso da fitomassa seca total foi calculado pela soma dos peso das folhas e dos colmos ($p = C + F + B$).

3.4. ÍNDICES FISIOLÓGICOS

3.4.1. Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)

A TCA é um índice que representa o peso de fitomassa seca acumulada por unidade de tempo e dada em g. cm⁻².dia. Para esta determinação foi utilizada a seguinte equação citada por Watson, (1947); Radford, (1967); Hunt (1982); Benicasa, (1988) e Larcher, (1995).

$$TCR = \frac{\partial P}{\partial T} = \frac{\partial P_2 - \partial P_1}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

Onde: ∂P = Derivada da diferença do peso da fitomassa seca no intervalo de tempo amostrado (g);

∂T = Derivada da diferença entre o intervalo de tempo amostrado (dias).

P2 = peso da fitomassa seca no período 2.

P1 = peso da fitomassa seca no período 1.

T1 = tempo correspondente ao período 2.

T2 = tempo correspondente ao período 1.

3.4.2. Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

A TCR expressa o acúmulo de fitomassa seca por unidade de peso em um dado instante com relação a fitomassa existente anteriormente é uma variável cuja unidade é $g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$. A TCR foi calculada pela seguinte equação citada por Watson, (1947); Radford, (1967); Hunt (1982); Benincasa, (1988) e Larcher, (1995).

$$TCR = \frac{1}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial T} \quad (4)$$

Onde: ∂P = Derivada da diferença do peso da fitomassa seca no intervalo de tempo amostrado (g);

∂T = Derivada da diferença entre o intervalo de tempo amostrado (dias).

P = Peso da fitomassa seca já existente no período anterior

3.4.3. Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

A taxa de assimilação líquida expressa a variação do peso de fitomassa seca acumulada por unidade de área foliar. Seus resultados foram determinados em $g \cdot cm^{-2} \cdot dia^{-1}$ através da equação abaixo, conforme citação feita por Watson, (1947); Hunt, (1982) Benincasa, (1988).

$$TAL = \frac{PS_2 - PS_1}{T_2 - T_1} \cdot \frac{\log A_2 - \log A_1}{A_2 - A_1} \quad (5)$$

Onde: $PS_2 - PS_1$ = Diferença entre o peso da matéria seca no momento dois e o peso no momento um.

$T_2 - T_1$ = Diferença entre o momento dois e o momento um (dias)

$\log A_2 - \log A_1 =$ Diferença entre o logaritmo da área foliar nos intervalos de tempo dois e um;

$A_2 - A_1 =$ Diferença entre a área foliar no tempo dois e um

3.4.4. Índice de Área Foliar (IAF)

Watson em 1947 introduziu o conceito de índice de área foliar e foi definido como sendo a área foliar produzida por unidade de área plantada ($m^2 \cdot m^{-2}$ ou $cm \cdot cm^{-2}$ ou ainda $dm \cdot dm^{-2}$), resultando na equação abaixo citada e utilizada para determinar o IAF da cultura da cana-de-açúcar.

$$IAF = \frac{A_{TP}}{A_F} \quad (6)$$

$A_{TP} =$ Área do terreno sombreada pela cultura.

$A_F =$ Área foliar da cultura

3.4.5. Razão de Área Foliar (RAF)

A RAF é definida como sendo a relação entre área foliar e o peso da fitomassa seca total da cultura em um dado instante; é uma variável expressa em $dm^2 \cdot g^{-1}$.

$$RAF = \frac{AF}{MSTo} \quad (7)$$

$AF =$ Área foliar da cultura

$MSTo =$ Matéria seca total

3.5. PARÂMETROS TECNOLÓGICOS

3.5.1. Sólidos solúveis (Brix em %)

A determinação do Brix do caldo foi efetuada em refratômetro digital provido de correção automática de temperatura e ajuste de campo com saída para ajuste magnético. O valor final foi expresso à 20 °C. O funcionamento do aparelho é baseado na relação entre incidência e refração.

$$M = \frac{\text{Sen } i}{\text{Sen } r} \quad (7)$$

Onde: M = Índice de refração;

$\text{Sen } i$ = Seno do ângulo de incidência;

$\text{Sen } r$ = Seno do ângulo de refração.

3.5.2. Sacarose (Pol do caldo extraído %)

A determinação da Pol foi efetuada com um sacarímetro automático ACATEC modelo DAS 2500. Os sacarímetros são aparelhos que determinam a concentração de açúcares opticamente ativos, como a sacarose. São baseados em princípios físicos fundamentados na propriedade da luz e na natureza ondulatória da mesma. A base para as medidas sacarimétricas é a equação conhecida como lei de Biot (Caldas, 1998), a seguir apresentada.

$$C = \frac{100 \cdot \alpha}{l \cdot \alpha^T \cdot \lambda} \quad (8)$$

Onde: C = Concentração da atmosfera

α = Ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada

l = Comprimento da coluna iluminada de líquido

$\alpha^T \cdot \lambda$ = Rotação específica

Após a leitura realizada pelo aparelho é feita a correção na leitura sacarimétrica, esta por sua vez, obtida quando o aparelho estiver com temperatura ambiente interna em torno de 20 °C, a correção se dá através da seguinte equação de ajuste.

$$L_{\text{corrigida}} = L \cdot [1 + 0,000255(T - 20)] \quad (9)$$

Onde: L = Leitura sem correção

T = Temperatura do laboratório

$L_{\text{corrigida}}$ = Pol do caldo extraído (%)

3.5.3. Fibra industrial na cana (%)

O cálculo da fibra industrial % da cana é baseado na correlação entre resíduo fibroso e a fibra industrial na cana, determinada experimentalmente pela a seguinte equação (CRSPCTS/PB, 1997).

$$FI\%_{\text{CANA}} = \frac{(100 \cdot P_s) \cdot (P_u \cdot b)}{5 \cdot (100 - b)} \quad (10)$$

Onde: P_s = Peso do bolo seco em estufa à 105 °C

P_u = Peso do bolo úmido (resíduo fibroso)

b = Brix do caldo extraído

3.5.4. Pureza do caldo extraído

A pureza é um termo empírico, calculado com a percentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação dos valores de Pol e Brix. (Berding et al.,1991ab, Caldas, 1998 e CRSPCTS/PB 1997). Pureza é expressa por.

$$\text{Pureza} = \frac{\text{Pol}\%_{\text{caldo}}}{\text{Brix}\%_{\text{caldo}}} \cdot 100 \quad (11)$$

3.5.5. Pol da Cana Corrigida, PCC (em %)

O PCC é um índice que determina o valor da tonelada de cana, se o PCC for elevado o preço da cana pode subir a patamares um pouco mais elevados, da mesma forma se o PCC for baixo o preço da cana cair. É o que chamamos de ágio ou deságio. A sua determinação se dá através da equação seguinte.

$$PCC = L_{\text{corrigida}} \cdot (1 - 0,01 \cdot f) \cdot c \quad (12)$$

Onde: $L_{\text{corrigida}}$ = Pol do caldo extraído (%)

f = Fibra industrial % da cana

c = 0,955, fator de transformação da Pol do caldo extraído em Pol do caldo absoluto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE QUANTITATIVA DO CRESCIMENTO

4.1.1. Perfilhamento

Analisando-se a densidade populacional/parcela a partir do 30º DAP (Figura e Tabela 4), observa-se a predominância de três períodos distintos de crescimento populacional. O primeiro período compreende a fase que se estende do plantio até 60 DAP, caracterizado por um ligeiro crescimento populacional, atingindo um total médio de 20 plantas/parcela no cultivo irrigado e 12 plantas/parcela no cultivo de sequeiro. O segundo período de crescimento compreende um espaço em torno de 40 dias, dos 60 aos 98 DAP, e é caracterizado por um decréscimo populacional acentuado. Nota-se que a queda no número de plantas foi menor na área de sequeiro, de 13 para 11,0 o que representa 15,38% de decréscimo. Na área irrigada o decremento de 21,0 para 17,00 representa uma queda de 21,00%. Esse fenômeno ocorreu porque um maior número de plantas acarreta uma maior cobertura vegetal e maior sombreamento causando, dessa forma, um índice de queda mais alto na área irrigada. A partir do 98º DAP a densidade populacional estabiliza-se em 17 e 11 plantas/repetição nos regimes irrigado e de sequeiro, respectivamente (Figura 4).

Outras variedades de cana pesquisadas por alguns estudiosos como Gosnell (1968), Macleam et al. (1968), Bull & Glasziou (1975) e Machado (1981) tiveram comportamento semelhante no perfilhamento.

No presente trabalho, foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos ($P < 0,01$) para o perfilhamento. A cultura comportou-se de forma diferenciada, ao longo do tempo, nos dois regimes estudados, sugerindo que a diferença populacional, no período em estudo (dos 30 aos 280 DAP) foi causada pelo déficit hídrico. Os resultados observados nesta pesquisa foram semelhantes aos resultados encontrados por Thompson & Du Toit (1965), Gosnell (1968) e Machado (1981), que observaram ser crescente o perfilhamento nos primeiros dias após o plantio, diminuindo a partir dos 60 DAP e se estabilizando em torno dos 100 DAP. Bull & Glasziou (1975) sugerem que tal fenômeno seja uma resposta da seleção tendo em vista que ela favorece o estabelecimento e o crescimento da cultura mais rápido até que ocorra o fechamento das copas.

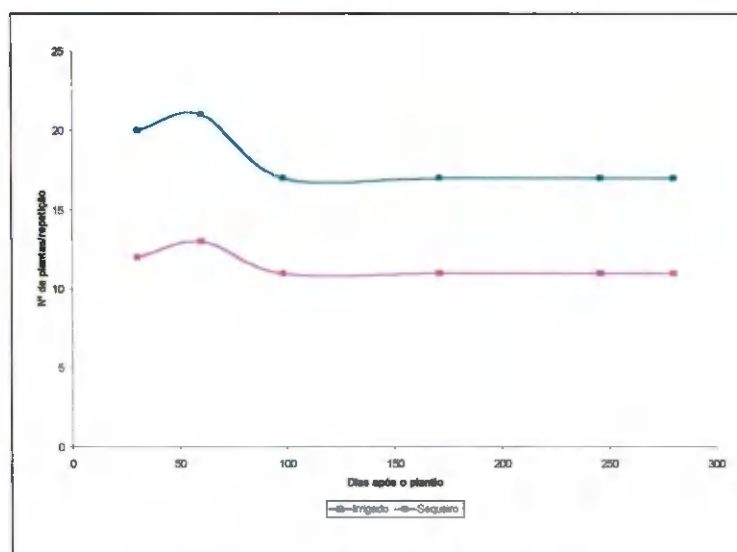


Figura 4. Densidade populacional (nº de plantas/m linear) da cultura para as duas áreas estudadas.

. Na Tabela 4, observa-se que a interação entre os dois fatores (Manejo x Período) foi significativa. De modo geral a partir do 98º DAP, a densidade populacional (perfilhamento) se estabilizou ficando evidente que as plantas sofreram influência tanto do estresse hídrico no início do ciclo (figura 4), como da própria adaptação da cultura ao

ambiente (expressados pela diferença entre tratamentos e pelo grande número de perfilhos no início do ciclo com a subsequente queda e estabilização). Nota-se, também, que o percentual de morte dos perfilhos foi maior na condição de sequeiro em torno dos 100 DAP.

4.1.2. Número de folhas e Área foliar

Nas coletas ao longo do período de cultivo foi avaliado o número médio de folhas fotossinteticamente ativas por planta (Figura 5). Na Tabela 4, estão apresentados os resultados da análise estatística para essa variável, observando-se que a partir do quarto período de coleta (171 DAP), comparando-se os dois manejos, o número médio de folhas por planta, na cultura irrigada, foi menor que o valor observado na cultura de sequeiro. Tal fato é justificável, pois com o maior perfilhamento ocorrido no cultivo irrigado, cada planta deteve um menor número de folhas (Figura 5). No entanto, tais diferenças não foram significativas para alterar significativamente a área foliar das plantas entre os manejos (Figura 6).

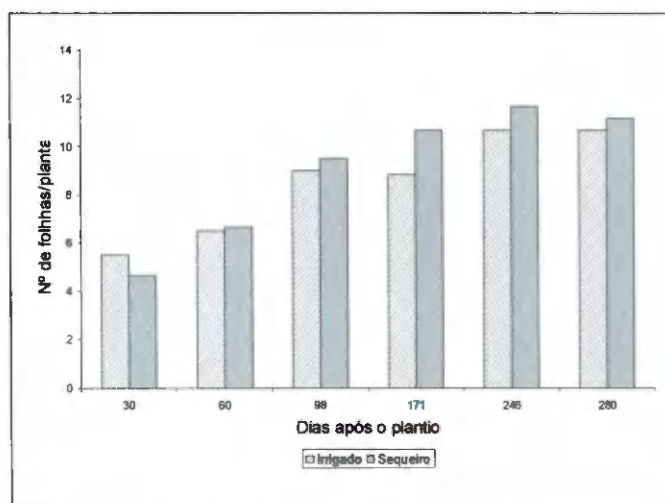


Figura 5. Número médio de folhas/planta ao longo do período de cultivo para as duas condições de manejo da cultura.

A área foliar variou de forma crescente e significativa em cada manejo, nos dois tratamentos, ao longo do período de cultivo. Verifica-se que para a interação (manejo x

período de coleta) não houve efeito significativo, demonstrando que o crescimento foliar não variou em função do manejo utilizado. Ou seja, independentemente do manejo houve incremento significativo do desenvolvimento foliar da cultura ao longo do ciclo, em virtude do aumento natural em número e em dimensão das folhas, atingindo estabilidade aos 246 DAP (Figura 6).

O índice de área foliar máximo foi observado em torno dos 171º DAP para a cultura irrigada com valor de 6,48. Para a cultura de sequeiro o máximo em IAF foi atingido aos 98 DAP 6,33 (Tabela 4). Os resultados aqui encontrados diferem dos valores citados para a cultura por Machado (1981), que verificou um valor máximo de 3,70 e estão mais próximos dos valores verificados por Yoon (1971) que obteve valor mais alto de IAF, da ordem de 5,00 decrescendo para 3,56 por ocasião da colheita. Nesta pesquisa o IAF no final do ciclo foi de 2,82 e 2,51 para a cultura irrigada e de sequeiro, respectivamente, portanto abaixo dos valores verificados para a cana pelos autores acima citados

Robertson et al. (1999) trabalharam com a cultura da cana-de-açúcar em três manejos (com irrigação plena e estresses aplicados no início e no meio do ciclo) verificaram valor máximo de IAF para a cultura irrigada de 4,92, enquanto que para o plantio sob regime de déficit hídrico esse valor decresceu para 4,11.

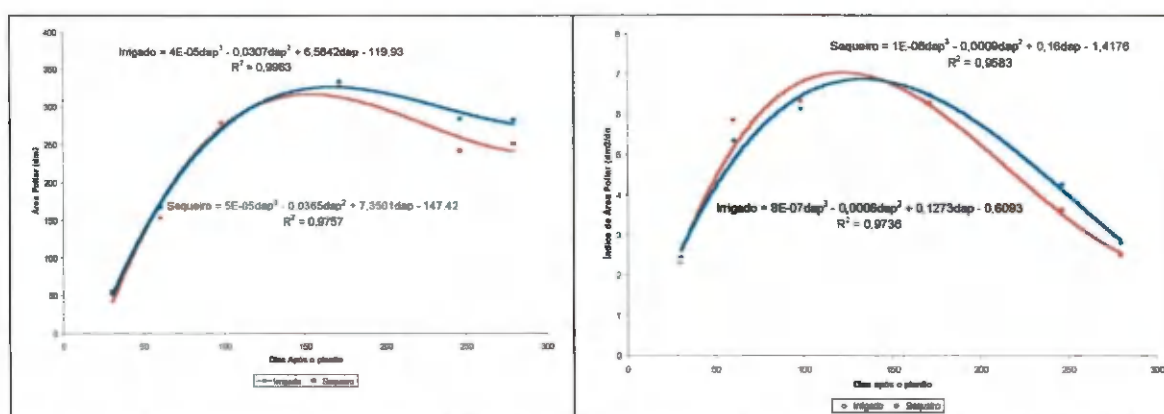


Figura 6. Área foliar por planta (a) e índice de área foliar (b) da cana-de-açúcar em função da idade do cultivo, sob dois manejos: com e sem irrigação.

Os resultados observados nesta pesquisa estão dentro de intervalos citados por autores que pesquisaram, também, a variação da área foliar da cultura da cana-de-

açúcar ao longo do tempo, como no caso de Chang (1968), que observou valores em torno de 9 a 12 e San José & Medina (1970), que citam valor médio de IAF máximo de 7,6. O estudo de regressão avalia e estima o comportamento, tanto da área foliar como do índice de área foliar. As equações citadas na figura acima descrevem o comportamento dos mesmos ao mesmo tempo em que estima seu comportamento para outras situações desde que com a mesma variedade.

As diferenças entre os valores observados e os valores encontrados por outros pesquisadores devem-se provavelmente à interação genótipo x ambiente citada por Jacson et al (1995) e diferenças varietais citadas por Watson (1947). Robertson et al. (1996), estudando duas variedades de cana-de-açúcar (Q117 e Q138) nas condições tropicais da Austrália, observaram valor máximo de IAF para a cana 'Q138' em torno de 8,5 e para a cana 'Q117' cerca de 6,7.

Ao se analisar a curva de crescimento da área foliar, observa-se que as fases de crescimentos III e IV, aqui determinadas de forma empírica no gráfico da figura anterior (Figura 6a), tem um ligeiro decréscimo a partir do 171 DAP. Para Leme et al. (1984) e Maclean et al. (1968), na curva de índice de área foliar existe ainda uma quarta fase de ligeiro ou mesmo pronunciado decréscimo, atribuído à senescência natural das folhas.

Foi observado neste trabalho que para a cultura em regime irrigado a maior produção de biomassa, aos 280 DAP (Figura 8), coincidiu com valores de IAF abaixo do valor máximo; no regime de sequeiro, o valor máximo observado do IAF foi atingido na mesma época em que houve, também, o máximo acúmulo de fitomassa. Essa análise da área foliar contradiz a hipótese de que o IAF ótimo corresponde ao máximo observado. Para Machado et al. (1985), o valor ótimo de IAF é aquele em que as folhas inferiores são mantidas ligeiramente acima do ponto de compensação de luz.

O período de queda na densidade populacional (Figura 4), em ambos os manejos da cultura, coincidiu com um crescimento rápido da área foliar (Figura 6), em ambos os manejos da cultura; na área irrigada a área foliar aumentou 56%, enquanto a população diminuiu 21%. Na área na área de sequeiro, foi observado um incremento de 60% e um decréscimo de 15% na população. Essa diminuição pode ser considerada como

sendo um reflexo do aumento de área foliar da cultura e sombreamento dos perfilhos menos desenvolvidos; fica evidenciada, também a grande densidade formada no início do ciclo

Tabela 4. Resumo das análises de variância para perfilhamento, número de folhas, área foliar e índice de área foliar da cana-de-açúcar[#].

Período (Dias)	Perfilhamento		Número de folhas		Área foliar		Índice de área foliar	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
30	20,50 A a	12,00 AB b	5,5 E a	4,66 E a	549,59 D a	526,02 D a	2,45 C a	2,33 C a
60	21,33 A a	13,00 A b	6,5 D a	6,66 D a	1532,00 C a	1675,99 C a	5,36 A a	5,85 A a
98	17,00 B a	9,33 C b	9,0 C a	9,50 C a	2716,63 B a	2792,73 B a	6,15 A a	6,33 A a
171	17,16 B a	11,50 AB b	8,83 BC b	10,66 BC a	3434,29 A a	3339,00 A a	6,48 A a	6,30 A a
246	17,50 B a	11,50 AB b	10,66 A b	11,66 A a	2851,05 B a	2419,92 B a	4,27 B a	3,63 B b
280	17,66 B a	11,00 BC b	10,16 AB b	10,16 AB a	2857,94 B a	2512,69 B a	2,82 B a	2,51 B b
d.m.S _M	0,48		0,47		143,38		0,3174	
d.m.S _P	1,23		1,20		365,47		0,8090	
QM _M	917,34**		5,01*		208110,33 ^{ns}		0,1711 ^{ns}	
QM _P	25,79**		71,79**		12526932,85**		38,24**	
QM _{MXP}	4,34**		2,34 ^{ns}		151222,98 ^{ns}		1,03 ^{ns}	
CV (%)	6,86		11,34		13,39		14,77	

[#]Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo, dmsm: diferença mínima significativa para o regime, dmsp: diferença mínima significativa para períodos, QMm: quadrado médio para regime, QMp: quadrado médio para período., QMmxp: quadrado médio da interação entre os fatores. CV: Coeficiente de variação.

4.1.3. Razão de área foliar

Em relação à razão de área foliar (Figura 7) houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os manejos irrigado e de sequeiro. Já no início do ciclo (30 DAP); quando o valor da RAF para a cana irrigada (90,68) foi superior ao encontrado para a cultura sob regime de sequeiro (85,37) (Tabela 5).

No início do cultivo, para a cana irrigada, a RAF foi maior em relação a cana de sequeiro devido ao maior número médios de folhas emitidas pela cultura quando irrigada 5,55 folhas e menor peso de matéria seca no início do ciclo, embora, a área foliar não tenha variado significativamente nessa fase (Figura 7a e 7b). Essa tendência ocorreu para a cultura em regime de sequeiro, também, ao final do ciclo (4ª e 5ª amostragem).

Na Tabela 4, observa-se o efeito significativo para os períodos estudados. O decremento observado ao longo do tempo com diferenças significativas entre os períodos deve-se ao maior acúmulo de fitomassa seca. Portanto quanto maior o peso de fitomassa da cultura menor a RAF, em ambos os manejos.

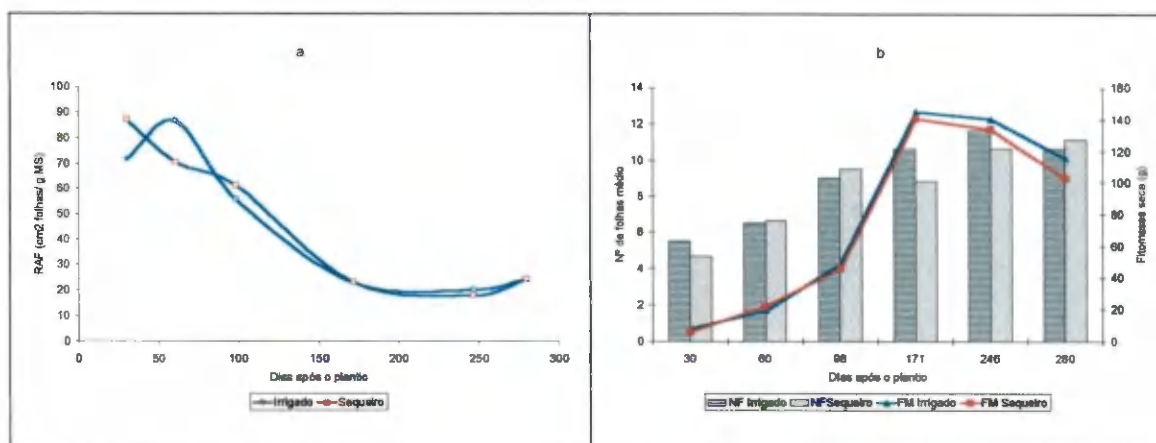


Figura 7. Razão de área foliar (a) Área foliar e número de folhas por colmo (b) da cultura ao longo do tempo para os dois manejos estudados.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para Razão de área foliar e fitomassa seca da cana-de-açúcar.

Período (dias)	Razão de área foliar (cm ² /g MS)				Fitomassa seca (g)			
	Irrigado		Sequeiro		Irrigado		Sequeiro	
30	90,68	A a	85,37	A b	7,67	D a	6,20	C a
60	79,66	A a	77,60	A a	19,30	D a	21,67	C a
98	57,50	B b	62,24	B a	48,73	CD a	45,71	BC a
171	23,88	CD a	21,90	CD a	145,14	B a	140,48	A a
246	51,43	C a	26,95	C b	140,00	BC a	134,11	BC b
280	24,63	D a	11,37	D b	115,77	A a	103,01	AB b
DMS _M	6,48				17,88			
DMS _P	16,53				45,59			
QM _M	957,61*				26051,69**			
QM _P	10155,64**				65350,01**			
QM _{M x P}	308,99 ^{ns}				15674,60**			
CV (%)	26,86				46,12			

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo, dmsm: diferença mínima significativa para o manejo, dmsp: diferença mínima significativa para períodos, QM_M: quadrado médio para manejo, QM_P: quadrado médio para período, QM_{M x P}: quadrado médio da interação entre os fatores. CV: Coeficiente de variação

4.1.4. Fitomassa seca total (F)

No acúmulo de fitomassa seca total (F), a cultura se comportou de forma não significativa entre os manejos (Tabela 5), ao longo do seu ciclo, até os 171 DAP. Do ponto de vista estatístico esse comportamento significa que não houve influência da irrigação no crescimento da cultura até esse ponto. Individualmente, cada planta cresceu nas mesmas condições de umidade do solo em virtude de um período chuvoso intenso e prolongado (Tabela A1). A partir do 246 DAP surgem diferenças significativas entre os tratamentos, sugerindo que neste período a umidade do solo influenciou o comportamento da cultura. O comportamento do acúmulo de matéria seca total foi ajustado para as funções seguintes (Figura 8).

$$F_i = -4E-05dap^3 + 0,0164dap^2 - 0,794dap + 16,945, R^2 = 0,98$$

$$F_s = -4E-05dap^3 + 0,0153dap^2 - 0,6959dap + 14,296, R^2 = 0,98$$

em que: F_i = Fitomassa seca da cultura na área irrigada (g).

F_s = Fitomassa seca da cultura na área de sequeiro (g).

Em concordância com Machado (1981), observa-se diferentes fases no crescimento de cana de açúcar. Nesta pesquisa constatou-se a divisão de quatro períodos distintos ao longo do ciclo: (I) crescimento lento na fase inicial, compreendida entre o plantio e o 98° DAP; (II) crescimento rápido na fase entre o 98° e o 171° DAP; (III) fase de estabilização no acúmulo de biomassa entre 171° e 246° DAP (plator); (IV) fase de rápido decréscimo no acúmulo de matéria seca e conseqüente queda do crescimento. Na fase IV de crescimento, o acúmulo de matéria seca reduz 20,00% e 26,00% para a cultura em regime irrigado e de sequeiro, respectivamente (Tabela 5). A fitomassa seca total média acumulada no final do ciclo da cultura, isto (280 DAP) foi de 115,77g para a cana irrigada e 103,01g para a cana em regime de sequeiro.

Robertson et al. (1999) estudaram os efeitos do déficit hídrico sobre o comportamento dos parâmetros fisiológicos da cana-de-açúcar e observaram reduções no total de matéria seca acumulada da ordem de 34,59, 46,90 e 24,63 % em três anos de estudos.

Na tabela 5 observa-se o efeito significativo para a interação entre os fatores (Manejo x Período). A cultura comportou-se de forma não significativa entre os tratamentos (Irrigado e Sequeiro) até os 171 DAP, ponto a partir do qual as diferenças tornam-se significativas ($P < 0,01$).

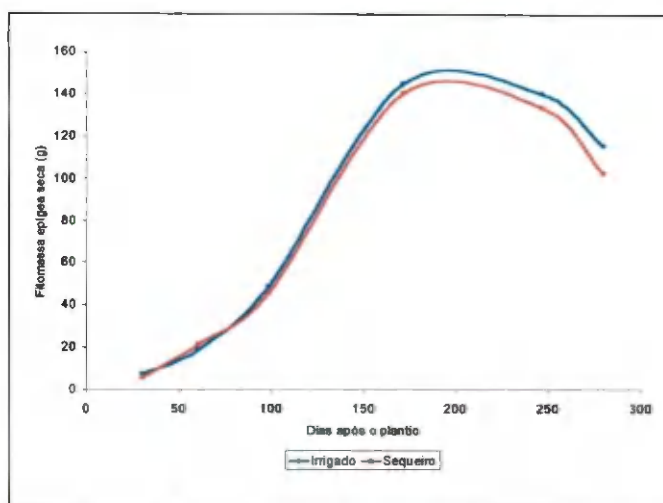


Figura 8. Acúmulo de fitomassa na cultura da cana-de-açúcar, em regime de irrigação e de sequeiro ao longo do tempo.

Comparando-se os dois tratamentos de manejo ao longo do tempo, podem-se observar diferenças significativas entre os períodos de coleta, o que é natural em virtude do acúmulo de produtos fotossintetizados e em função, também, do aumento da massa foliar, proporcionando à cultura uma maior área fotossinteticamente ativa. Para o acúmulo de fitomassa seca, os resultados aqui encontrados estão de acordo com os resultados relatados por Machado (1982), Machado (1987) e Robertson et al. (1999).

4.1.5. Taxa de Crescimento da Cultura

4.1.5.1. Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)

O comportamento da taxa de crescimento absoluto da cultura durante o ciclo está representado na Figura 9, crescente e não significativa entre os tratamentos do início do ciclo até os 171 DAP (Tabela 6), com uma taxa de $80,3 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, ponto a partir do qual a cultura passa por uma fase de estabilização do crescimento, atingindo aos 246 DAP $82,4 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ quando cultivada em regime irrigado. Na fase final ocorreu um decréscimo na TCA e esse decréscimo representa uma queda de $82,4 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ do período anterior

para $67,4 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ queda de 18% de um período para o outro.. Decréscimo semelhante, porém, maior (30%) ocorreu na cultura de sequeiro. reduzindo o crescimento de $80,7 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para $56,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

A diferença, entre tratamentos, demonstrou-se significativa ($P < 0,01$) do 171 DAP até o final do experimento aos 280 DAP. Segundo Machado (1981), conceitualmente a taxa de crescimento da cultura varia em função tanto do índice de área foliar como da taxa de assimilação líquida da cultura.

No presente trabalho a média registrada foi de $53,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, para a cultura irrigada e de $50,7 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para a cana cultivada em regime de sequeiro sendo, portanto acima dos valores citados por Bull & Glasziou (1975) que foi de $40 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Para Gosnell (1968), San José & Medina (1970) e Machado (1981) os valores médios estão entorno de 12 a $22 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

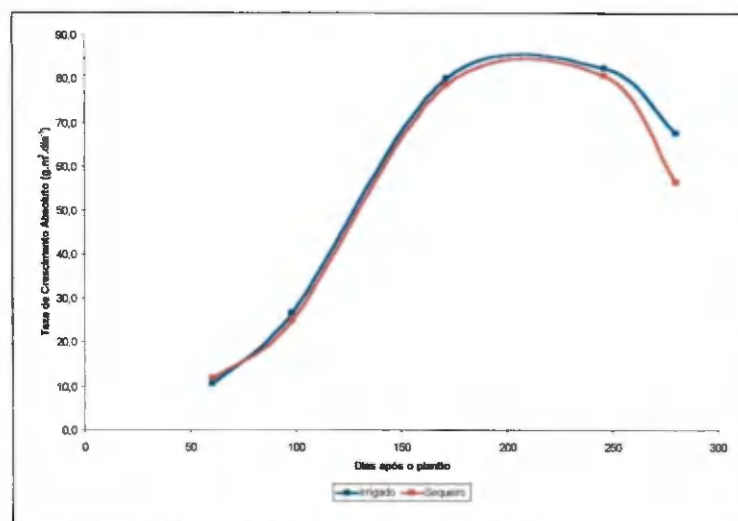


Figura 9. Taxa de crescimento absoluto para a cultura irrigada e de sequeiro ao longo do ciclo.

4.1.5.2. Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Conceitualmente a taxa de crescimento relativo (TCR) é definida como sendo a quantidade de fitomassa produzida por unidade de matéria pré-existente, durante um intervalo de tempo. Dessa forma o crescimento dependerá do material existente no início do período e da eficiência da planta em produzir novos produtos fotossintéticos. A variação da TCR ao longo do ciclo para as duas condições de manejo da cultura está apresentada na Figura 10.

Na tabela 6 encontram-se os resultados da taxa de crescimento relativo da cultura, calculados em função da taxa de assimilação líquida. Esses resultados não foram submetidos a tratamento estatístico em virtude da forma de obtenção.

Para a cana irrigada os valores máximos foram atingidos no início do desenvolvimento da cultura, até os 98 DAP, decrescendo a partir desse ponto. Nota-se, que quando cultivada em regime de sequeiro os valores máximos foram alcançados na fase seguinte dos 98 aos 171 DAP, decrescendo daí por diante. A diferença entre as duas condições de manejo da cultura devem-se ao fato de ter havido diferença significativa entre manejos no início do ciclo para a razão de área foliar (RAF) (Figuras 7a e 7b). Para os dois tratamentos, embora a TAL (discutida no próximo item) tenha se comportado de forma sempre crescente do início até o final da pesquisa, esse aumento não foi suficiente para evitar a queda acentuada na taxa de crescimento relativo. Machado (1981) descreve resultados semelhantes e afirma que esse comportamento deve ser esperado, devido ao fato de que a RAF diminui muito a partir dos 100 DAP (Figura 7). Comportamento, também, semelhante foi encontrado por San Jose & Medina (1970).

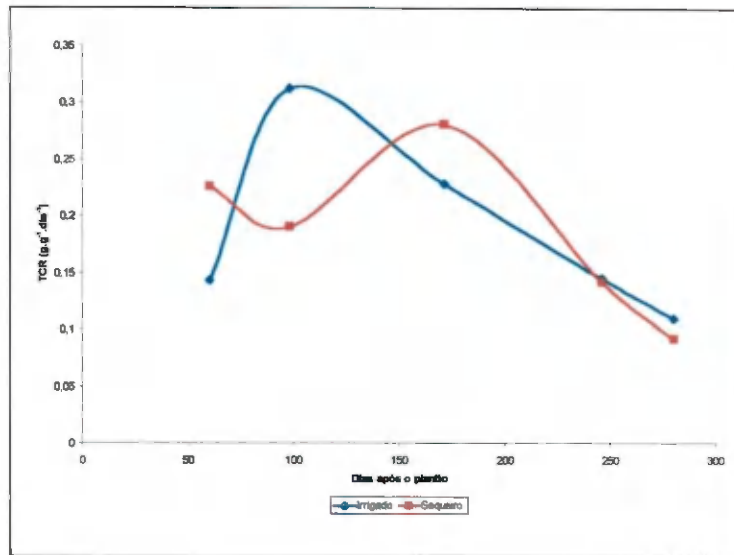


Figura 10. Taxa de crescimento relativo da cultura da cana-de-açúcar nos dois tratamentos aplicados ao longo do ciclo.

Tabela 6. Resumo das análises de variância das taxa de crescimento absoluto e relativo (TCA e TCR) e para taxa de assimilação líquida (TAL).

Período (dias)	TCA (g.dia ⁻¹)		TCR ^l (g.g ⁻¹ .dia ⁻¹)		TAL (g.cm ⁻² .dia ⁻¹)	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
60	10,7 D a	12,0 C a	0,024	0,008	0,0020 C a	0,0026 C a
98	26,8 CD a	25,1 BC a	0,037	0,028	0,0036 C a	0,0027 C a
171	80,3 B a	78,8 A a	0,032	0,039	0,0041 B a	0,0046 B a
246	82,4 BC a	80,7 BC b	0,020	0,017	0,0063 A a	0,0061 A a
280	67,6 A a	56,6 AB b	0,018	0,018	0,0054 B a	0,0051 AB a
DMS _M	21,58				0,0207	
DMS _P	48,13				0,04262	
QM _M	30547,14**		-		0,0758*	
QM _P	60737,86**		-		0,1575**	
QM _{M×P}	181,37**		-		0,0430**	
CV (%)	43,20		-		24,31	

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna e de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, * Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo.

^l Calculado em função da TAL e da TCA.

4.1.6. Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

Os valores de taxa de assimilação líquida foram semelhantes entre os regimes estudados (Figura 11). Na cultura em regime de sequeiro foram obtidos menores valores de TAL em relação a cultura irrigada aos três meses e no final do ciclo. A partir dos 98 DAP a TAL aumentou rapidamente, atingido maior valor ($0,0063\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{dia}$) aos 280 DAP para a cultura irrigada. Na cultura em regime de sequeiro o máximo da TAL foi observado, também aos 280 DAP, aumentando de $0,0027$ para $0,0061\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{dia}$ (Tabela 6).

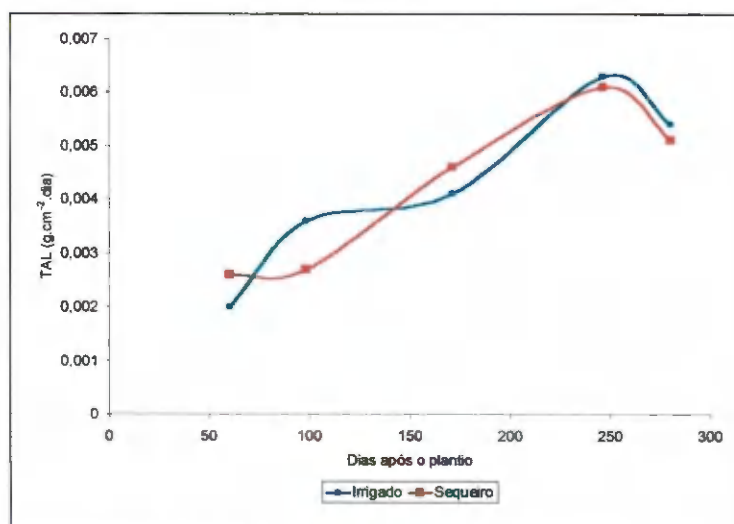


Figura 11. Taxa de assimilação líquida da cultura nos dois regimes estudados ao longo do ciclo.

Conceitualmente, a TAL é o resultado do balanço entre o material produzido pela fotossíntese e as perdas respiratórias. Dessa forma, torna-se difícil, através da análise de crescimento, determinar se sua variação é devido à variação na taxa de fotossíntese ou na taxa de respiração, ou até mesmo na junção dos dois fatores. Entretanto, Watson (1952) considera que seja razoável admitir que a TAL decresça com a diminuição da razão de área foliar (RAF), considerando que o material fotossintetizado é, em grande parte, produzido pela massa foliar e que a respiração se dá em todos os órgãos da planta. Entretanto, neste trabalho, o que se observou foi que com o decréscimo da RAF houve aumento da Taxa de assimilação líquida. A variação da TAL na cultura da cana-de-açúcar pode ser interpretada como uma resposta do aparelho fotossintetizador ao aumento da demanda por fotossintetizados em virtude das exigências ao rápido aumento dos colmos.

Apesar da sugestão de Watson (1952), no presente trabalho, a cultura se comportou de forma contrária, visto que a RAF (Figura 7) foi reduzida de 71,65 para 24,42 na área irrigada e de 87,08 para 24,42 quando cultivada em regime de sequeiro, tendo a TAL, neste mesmo período aumentado de 0,002 para 0,0056g.cm⁻².dia em condição de irrigação e de 0,0026 para 0,0051g.cm⁻².dia, em regime de sequeiro (Tabela 6).

Machado (1981) cita resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho. O autor afirma ter encontrado relação entre a variação da TAL e a variação da precipitação. Watson (1947 e 1952) cita que em várias espécies vegetais são encontradas relações entre a variação da TAL e elementos climáticos.

Ao se comparar as curvas que descrevem o comportamento de TCA e TCR, do IAF e da TAL (Figuras 9, 10, 6 e 11), observa-se, que na cultura irrigada até o 98° DAP, a TCA e TCR aumentaram concomitantemente ao aumento do IAF e da TAL, cuja variação neste período foi alta para ambas as variáveis. Pode-se dizer que, durante a fase inicial de desenvolvimento, a taxa de crescimento absoluto aumentou em função do acréscimo da superfície de absorção da radiação solar e da taxa fotossintética líquida cujos valores maiores ocorreram no início do ciclo durante a formação do aparelho fotossintético. Tal fato foi descrito por San José & Medina (1970) e Machado (1981).

a TAL e a TCA da cultura, em ambos os manejos, nos dois últimos períodos de coleta (246 e 280 DAP) foram decrescentes. Do início do ciclo até o 98° DAP, a TCA (Figura 9) aumentou mais em função da área foliar, devido a uma grande variação neste mesmo período, do que em função da TAL (Figura 11). Neste mesmo período a cultura teve pouca variação na taxa fotossintética líquida, tal fato leva a crer que tenha sofrido, neste período o impacto de um pequeno período de estresse hídrico.

No período seguinte, que vai do 171° ao 246° DAP, observa-se um crescimento rápido da TAL, no entanto o IAF e a TCA passou, contrariamente, por um período de queda e constância, respectivamente. No período que se prolonga do 246° DAP até o final do ciclo (280 DAP), o crescimento da cultura se deu mais em função da TAL, cuja diferença entre tratamentos fora significativa ($P < 0,05$) (Tabela 6), do que da área foliar, mantendo-se em declínio.

Bull & Glasziou (1975) afirmam que a taxa de conversão da cultura da cana-de-açúcar, sob condições excepcionais, pode atingir valor máximo de até $40\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ com produção de 150 t/ha. Em contrapartida Gosnell (1968) e San José & Medina (1970) citam valores médios ao longo da estação de cultivo entre 10 e $22\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Stewart (1970) cita valores máximos entre 37 e $46\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Machado (1981) observou valores médios de $12\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

4.1.7. ANÁLISE DO CRESCIMENTO RADICULAR

A quantidade média de raízes no final do período amostrado, sexta coleta, comparando-se os dois tratamentos foi 34,14g para a cana irrigada e 41,01g para a cana de sequeiro (Tabela 7).

Quando comparados os dois tratamentos não se pode afirmar estatisticamente que a percentagem de raízes da cana irrigada na superfície do solo seja significativamente maior que na cana de sequeiro (Tabela 7). Da mesma forma, a comparação entre a quantidade de raízes de cana irrigada e de sequeiro, nas seis profundidades, evidencia que em profundidades maiores também não há diferenças estatísticas entre os tratamentos.

No experimento, a maior percentagem de raízes no solo encontra-se nas camadas mais superficiais para os dois tratamentos ao longo do período de cultivo. Diferenças significativas entre as médias dos manejos, ocorreram na profundidade de 0 a 15cm e 16 a 30cm aos 60 DAP. A cultura quando irrigada emite mais rapidamente o seu sistema radicular de forma tal que na primeira camada, a mais úmida, o sistema se encontra ainda superficial com um maior volume de raiz na superfície que na de sequeiro. No entanto, na área de sequeiro, o sistema radicular aprofundou-se de forma tal que apresentou uma maior massa na camada de 16 a 30cm, isso evidencia que a cultura aprofundou o seu sistema radicular em busca de umidade (Tabela 7). A maior quantidade de raízes no solo encontra-se nas camadas mais superficiais para os dois manejos.

Tabela 7. Porcentagem de raízes da cana de açúcar ao longo do ciclo em sei coletas e seis profundidades para os dois tratamentos estudados.

Prof. (cm)	Trat.	Dias após o plantio						QMA	QMB	QMAXB	CV %
		30	60	98	171	246	280				
0-15	I	100 Aa (1,69) ^o	56,05 Ba (6,23)	43,31 Ca (7,12)	42,25 Ca (14,76)	36,85 Ca (13,99)	32,09 Da (10,96)	83,29*	3935,15**	27,88 ^{ns}	8,49
	S	100 Aa (0,88)	52,75 Bb (5,84)	38,49 Cb (4,65)	42,60 Ca (11,35)	32,64 Ca (12,08)	32,31 Da (13,25)				
16-30	I	-	43,95 Ab (4,89)	32,81 Ba (5,39)	22,84 Ca (7,98)	22,25 Ca (8,45)	23,58 Ca (8,05)	4,78 ^{ns}	1382,09**	1,47 ^{ns}	9,34
	S	-	47,25 Aa (5,23)	35,54 Ba (4,31)	19,98 Ca (5,33)	23,81 Ca (8,83)	23,51 Ca (9,64)				
31-45	I	-	-	23,84 Aa (3,92)	17,86 Ba (6,24)	18,25 Ba (6,93)	20,08 Ba (6,86)	7,53 ^{ns}	731,26**	6,43 ^{ns}	14,66
	S	-	-	28,62 Aa (3,47)	17,01 Ba (4,54)	20,04 Ba (7,41)	19,26 Ba (7,90)				
46-60	I	-	-	-	11,59 Aa (4,05)	11,80 Aa (4,48)	12,06 Aa (4,11)	1,22 ^{ns}	281,41**	1,62 ^{ns}	13,62
	S	-	-	-	13,86 Aa (3,70)	12,58 Aa (4,65)	12,42 Aa (5,01)				
61-75	I	-	-	-	5,46 Aa (1,91)	9,16 Aa (3,47)	8,99 Ba (3,67)	0,06 ^{ns}	120,91**	0,39 ^{ns}	16,23
	S	-	-	-	6,55 Aa (1,75)	8,82 Aa (3,26)	8,76 Aa (3,59)				
76-90	I	-	-	-	-	1,69 Bb (0,64)	3,20 Aa (1,09)	0,13 ^{ns}	12,30**	0,05 ^{ns}	55,96
	S	-	-	-	-	2,06 Ba (0,76)	3,74 Aa (1,53)				
Total (g)	I	1,69	11,12	16,44	34,94	37,97	34,14				
	S	0,88	11,08	12,13	26,69	37,00	41,01				

Letras maiúsculas na mesma linha e minúscula na mesma coluna (na mesma profundidade e mesmo tratamento) não diferem entre si. ns – não significativo, * significativo a 1% de probabilidade, ** significativo a 5% de probabilidade, ^o Correspondente em gramas de raízes, I – irrigado, S - sequeiro

Na tabela 7, pode-se observar que ao longo do tempo percentagem de matéria seca de raízes apresentou-se como significativamente diferentes entre os manejos. Diferença significativa ocorreu também na profundidade de 76 a 90cm aos 246 dias, sendo observado um maior crescimento do sistema radicular da cana cultivada em regime de sequeiro.

A Figura 12 representa o perfil de distribuição do sistema radicular no solo em termos percentuais de raízes por camada aos 30, 60, 98, 171, 246 e 280 DAP. A proporção de raízes foi quantificada em relação à quantidade total de raízes no perfil do solo estudado. O perfil do sistema radicular demonstra que as raízes se concentraram em maior quantidade nas camadas mais superficiais do solo.

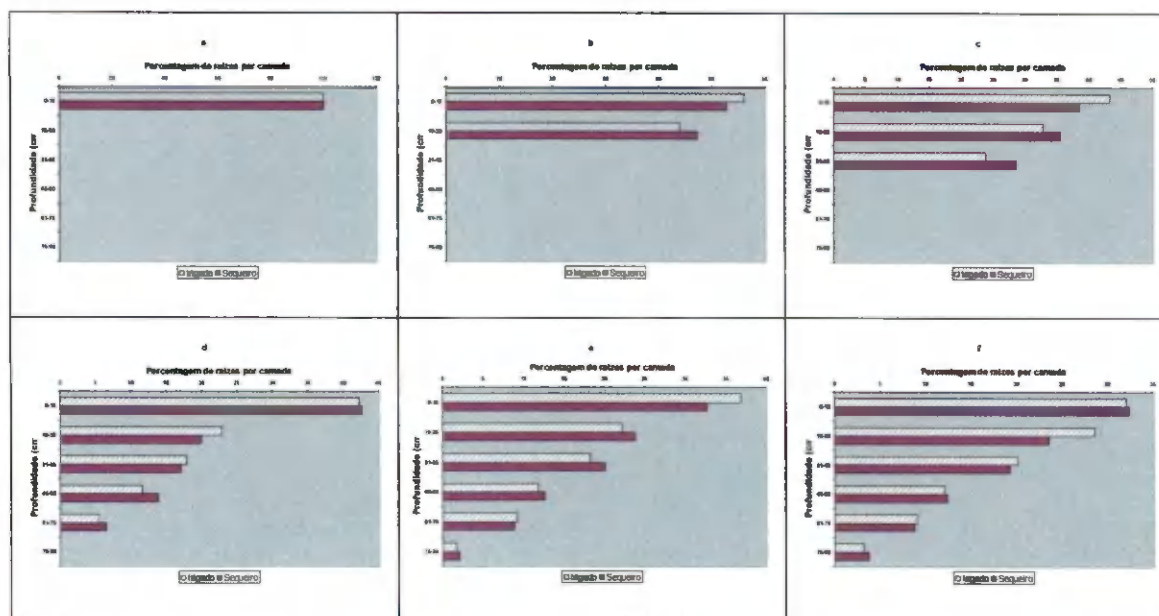


Figura 12. Padrão de crescimento radicular, em percentagem, da cultura da cana de açúcar. Crescimento aos 30 DAP (a); Crescimento aos 60 DAP (b); Crescimento aos 98 DAP (c); Crescimento aos 171 DAP (d); Crescimento aos 246 DAP (e) e Crescimento aos 280 DAP (f).

Na Tabela 7 pode-se observar todo o comportamento do crescimento radicular da cultura da cana-de-açúcar. O padrão de crescimento das raízes da cana fica bem definido, nos primeiros dias do ciclo. Aos 30 DAP, o sistema radicular ainda não estava bem desenvolvido, portanto ainda se formando e em virtude disso, 100% das raízes para os dois

tratamentos, estavam localizados nos primeiros 15cm de profundidade. Aos 60 DAP, a 15cm de profundidade foi encontrado 56,05 e 52,75% do total de raízes estimadas. Aos 98 DAP a cultura encontra-se com 76,12% das raízes nos primeiros 30cm de profundidade para a cana irrigada, enquanto para a cana em regime de sequeiro, nessa mesma profundidade, foi encontrado 74,03% do total de raízes estimadas.

A partir do 171 DAP o sistema radicular da cultura foi encontrado na profundidade de até 75cm, no entanto, nesse período 82,95% e 79,59 % das raízes encontra-se nos primeiros 45cm de profundidade para a cana irrigada e de sequeiro, respectivamente.

Passados 246 dias após o plantio, embora tenham sido encontradas raízes até os 90cm de profundidade, o sistema radicular da cultura encontrou-se com 77,35% nos primeiros 45cm para a cana irrigada e 76,49% para a cana de sequeiro. Na última colheita (280 DAP), 87,81% do total das raízes da cana irrigada se encontrou nos primeiro 60cm de profundidade. Para o cultivo de sequeiro a massa de raízes encontradas, no mesmo período e na mesma profundidade representa 87,50% do total estimado. Os resultados obtidos estão de acordo com os resultados obtidos por Inforzato & Alvarez (1957), Sampaio et al. (1987), Ball & Coelho (1992) e Alvarez et al. (2000).

Para Inforzato & Alvarez (1957), 59% do sistema radicular, ao final do ciclo, encontra-se nos primeiros 30 cm de profundidade. Sindato et al. (1987) afirma que 75% das raízes da cana-de-açúcar encontram-se a 20 cm de profundidade. Ball – Coelho et al. (1992) observaram que 62,69% do sistema radicular situam-se nos 50 cm superficiais do solo.

Alvarez et al. (2000), trabalhando com cana crua e queimada, afirmam que na cana crua o sistema radicular distribui-se nos primeiros 40cm de solo com 75% do total encontrado. No mesmo trabalho, para a cana queimada, 72,00% do sistema radicular estava nos primeiros 40cm de profundidade. Em estudo feito no segundo ano esses valores são 70 e 68% para a cana crua e queimada, respectivamente.

Uma maior concentração de raízes na superfície favorece uma maior absorção da água após irrigação ou precipitação minimizando a evaporação, também defendido por Lampurlanés et al., (2001). Segundo o autor a alta densidade de raízes nas camadas superficiais é uma característica favorável às culturas no semi-árido à absorção de água, após irrigações ou chuvas, minimizando a evaporação.

De forma geral, na cana de sequeiro houve um acúmulo de raízes na superfície do solo, semelhante ao da cana irrigada, devido ao período de Precipitação bastante prolongado (Tabela A3).

4.2. PRODUÇÃO E QUALIDADE

4.2.1. Crescimento e desenvolvimento de colmos

Os resultados de altura de planta (comprimento do colmo), número de internódios e peso fresco de colmos, estão apresentados nas Tabelas 8 e 9. Constata-se não ter havido diferença significativa na altura dos colmos entre os tipos de manejo, exceção feita aos 98 DAP e aos 246 DAP. Ao final do ciclo, as plantas cultivadas em condições de sequeiro eram mais altas, embora, não tenha havido diferença significativa no número de internódio. É provável que a diferença em peso de massa fresca (Tabela 9) tenha sido em função do maior número de plantas por parcela e de colmos mais finos .

Os resultados muito aproximados para a altura e número de internódios na cana irrigada e na cana de sequeiro, deve ser uma consequência do prolongado período chuvoso durante o ano agrícola de 2000/2001 com precipitação de 2131mm. Sabe-se pela literatura que em condições favoráveis de umidade no solo ocorre alongamento dos colmos e caso haja, no período seguinte, deficiência hídrica será afetado o desenvolvimento dos mesmos (engrossamento), com redução da produção. Neste trabalho foi verificada redução no peso total dos colmos (Tabela 9) devido ao efeito do estresse hídrico nos primeiros dias após o plantio. Esse fato equalizou de forma marcante os tratamentos. No que se refere a médias por plantas individuais, de forma que a diferença na produção deve-se ao maior número de plantas por parcela (Figura 4). Carlucci et al. (1989) afirmam que a cana é sensível e

responde de forma significativa ao estresse hídrico, isto é, com redução no que se refere ao comprimento dos colmos, entretanto, segundo os autores, não há diferença significativa para o número de internódios.

Tabela 8. Resumo das análises de variância nos dois manejos estudados para as variáveis altura de plantas e número de internódios por colmo #.

Período (dias)	Altura de plantas (cm)		Número de internódios	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
30	33.41 D a	31.55 D a	-	-
60	33.48 D a	32.65 D a	1.00 E a	1.16 E a
98	63.66 C b	70.73 C a	4.33 D a	4.33 D a
171	141.78 B a	142.05 B a	10.33 C a	11.16 C b
246	151.10 B a	149.84 B a	13.50 B a	13.33 B a
280	166.74 A b	170.49 A a	17.33 A a	17.16 A a
d.m.s.M	3,62		0,48	
d.m.s.P	9,23		1,07	
QM _M	25.32 ^{ns}		0.26 ^{ns}	
QM _P	45889.98**		523.23**	
QM _{M x P}	36.81 ^{ns}		0.51 ^{ns}	
CV (%)	7.74		9.93	

Tabela 9. Resumo da análise de variância para peso médio e peso total de fitomassa fresca de colmos por parcela da cana-de-açúcar #.

Período (dias)	Peso médio de fitomassa fresca dos colmos (g)		Peso total dos colmos (g)	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
30	-	-	-	-
60	9.33 D a	12.31 D a	186.26 E a	105.16 C a
98	107.83 C a	137.17 C a	1853.25 D a	1316.55 C a
171	357.69 B a	407.66 B a	6450.00 C a	3691.47 B b
246	438.99 B a	367.27 B a	8330.50 B a	3818.66 B b
280	559.38 A a	395.35 A a	10036.06 A a	6126.10 A b
d.m.s.M	39,18		406,38	
d.m.s.P	87,38		906,33	
QM _M	1299.95 ^{ns}		83522690.55**	
QM _P	628587.37**		127827721.65**	
QM _{M x P}	7028.30 ^{ns}		11780827.95**	
CV (%)	25.15		18.63	

Letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey; Significativo ao nível de 1%** e 5%* de probabilidade; ^{ns} – não significativo; ^o Total por parcela (soma de todos os colmos).

Na Figura 13 é apresentada uma estimativa do rendimento da cultura com base no peso fresco total dos colmos por parcela ao longo do ciclo (da segunda coleta até a colheita final). Verifica-se ter havido uma diferença no rendimento final em torno de 59 % correspondente a uma produção estimada de 43,83t/ha para o cultivo irrigado e 29,26 t/ha para o sequeiro.

Sheu et al. (1992) citados por Moreira & Cardoso (2000), estudaram o efeito do estresse hídrico sobre a brotação das gemas na cultura da cana-de-açúcar. Moreira & Cardoso (2000) trabalhando com a cultivar RB 785148, afirma que uma taxa de umidade relativamente baixa (22%) pode inibir a germinação e que a mesma decresce em função do decréscimo da umidade do solo. Para os autores não ocorreram diferenças significativas entre os intervalos de irrigação na germinação

Oliveira et al. (1999) estudaram o efeito da aplicação de lâminas crescentes de irrigação e da cobertura com palha sobre a produção da cultura. Os autores utilizaram as lâminas (20, 40, 60 e 80mm) foi observado, nesse trabalho, que houve aumento significativo de produtividade em função do aumento da lâmina aplicada, não houve efeito significativo da cobertura do solo com palha sobre a produtividade.

Calma (1933) estudou os efeitos da interação entre a umidade do solo e posição do colmo na brotação da cana. Segundo o autor a um nível de umidade de 15% a germinação sofre influência da posição do rebolo, para uma umidade de 20% há uma boa brotação independente da posição do rebolo e para 25% de umidade no solo a cana teve um alto índice de brotação.

Robertson et al. (1999) estudando a cana em três tratamentos afirma que a produtividade da cana é maior onde a percentagem de germinação é maior. Os autores verificaram que déficit no meio do ciclo reduz o perfilhamento em 50% e conseqüentemente a produtividade.

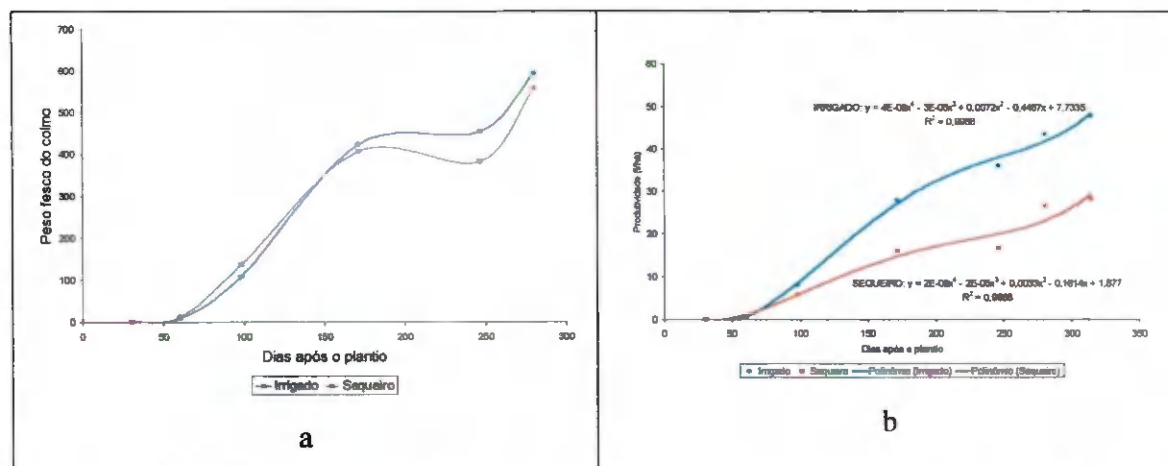


Figura 13. Estimativa do rendimento da cultura para os dois tratamentos ao longo do ciclo com base no peso fresco total de colmos por metro linear.

Conforme visto na figura 4, o comportamento da densidade populacional da cultura influencia no rendimento da mesma. Como o rendimento expressa a quantidade de matéria produzida/ha, a significativa diferença entre tratamentos quanto a densidade populacional provocada por um período de escassez de água na fase de germinação torna-se a razão pela qual o mesmo tenha variado tanto

4.2.2. Características tecnológicas da cana

Analisando-se separadamente cada parâmetro, na figura 14, observa-se o comportamento da cana quanto a estas variáveis: os teores de Pol, Brix, Pureza, Fibra e PCC. Houve uma diminuição gradativa e natural dos teores ao final da safra em decorrência da redução de açúcares.

Embora a cultura não tenha expressado, neste trabalho, o efeito do estresse hídrico sobre os parâmetros tecnológicos o comportamento aqui observado está de acordo com o comportamento citado por outros autores, a seguir abordados.

Berding et al. (1991a) trabalhando com cana soca determinou o teor de Brix, Pol, PCC e Pureza através de espectroscopia infravermelha (NIR) seguindo uma rotina

laboratorial de análise de cana e acharam valores de 233 g.kg^{-1} , $88,5 \text{ }^{\circ}\text{S}$, 161 g.kg^{-1} e $90,3\%$, respectivamente para as variáveis citadas.

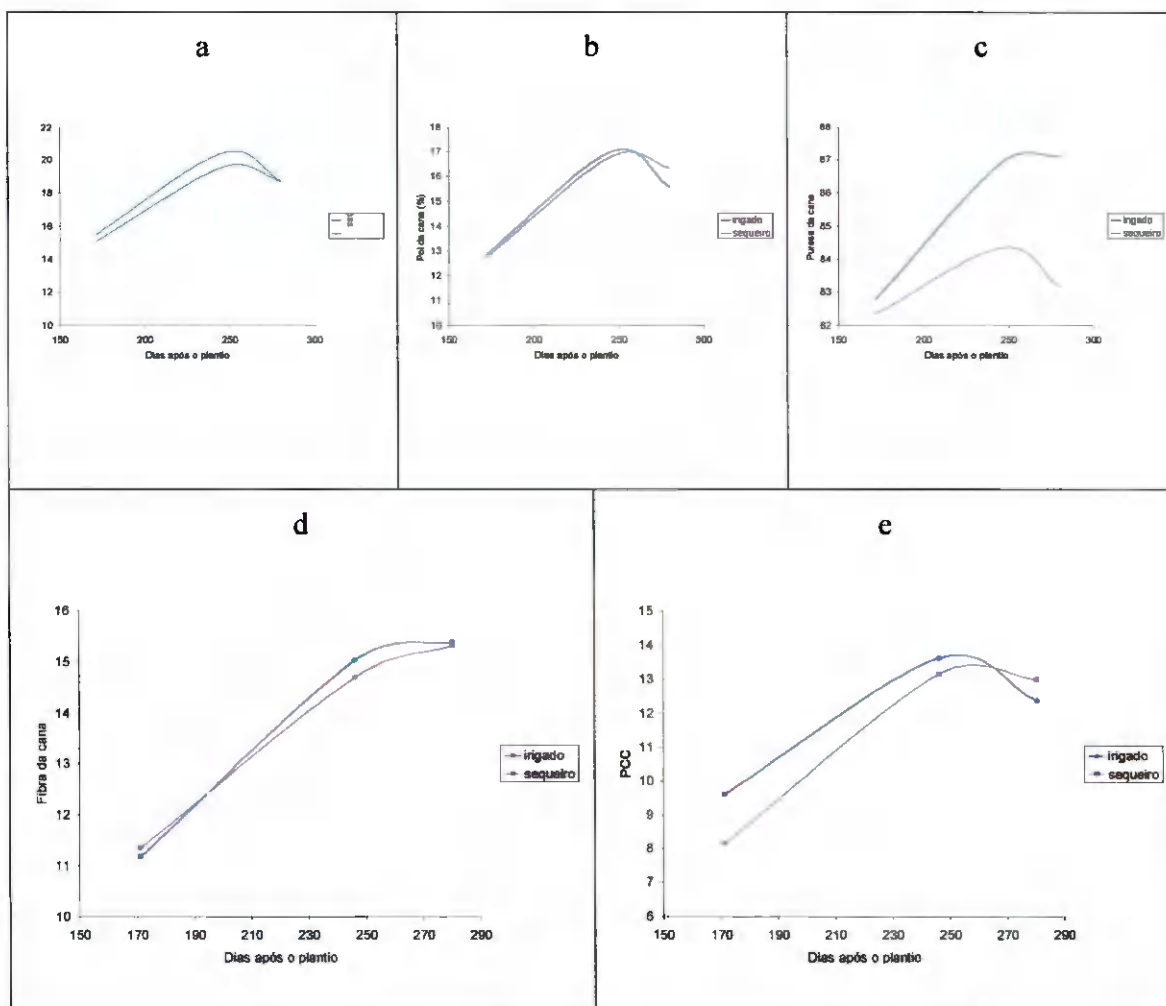


Figura 14. Comportamento dos parâmetros tecnológicos da cana. Brix (a); Pol da cana (b); Pureza (c); Fibra da cana (d) e PCC (e).

Em outro trabalho, Berding et al. (1991b) determinaram, também através de espectroscopia infravermelha, os teores de Brix, Pol, PCC e Pureza em uma rotina laboratorial de análise de cana, obtendo valores de 237 g.kg^{-1} , $93,0 \text{ }^{\circ}\text{S}$, 157 g.kg^{-1} e $94,4\%$, respectivamente.

Para Robertson e Donaldson (1997), os efeitos da suspensão da irrigação por ocasião da colheita no rendimento em sacarose foi de 1,3 t/ha, o que representa 8% a mais que o tratamento controle.

Robertson et al. (1999) afirmam que o rendimento da cana cai de 42,9 para 23,9 t/ha quando submetida a déficit hídrico. Para os autores, o rendimento em sacarose cai de 2,79 para 0,91 t/ha enquanto que o teor de sacarose decresce de 0,32 para 0,22% uma diferença significativamente no segundo experimento. No 1º experimento o rendimento em sacarose cai de 24,2 para 15,3 t/ha e o rendimento da cultura caio de 149 para 113 t/ha.

Muchow et al. (1996b) afirmam que outro fator importante, que contribui para o baixo rendimento da cultura, em termos de qualidade, é o manejo equivocado da adubação nitrogenada. Para o autor o excesso de nitrogênio traz efeito deletério ao rendimento em sacarose, reduzindo sua concentração. Os autores citam que para as doses de N aplicadas (56, 107, 268 kg/ha) a redução na PCC é de 16,1 14,9 e 13,1 %, respectivamente. Nessa pesquisa o rendimento em sacarose caiu de 25,5 para 24,7 t/ha. Muchow et al. (1996b), citam que para doses: 0, 55 e 774 kg/ha a redução é de 17,3 a 13,3 na PCC %.

5. CONCLUSÕES

1. O plantio seguido de estresse hídrico reduz o perfilhamento em 41,5% no início do ciclo e o número de colmos em 37,7% no final do ciclo, quando comparado com o cultivo irrigado.
2. Com apenas 30 dias de cultivo o sistema radicular da cultura não atinge profundidades além dos 15cm superficiais de solo.
3. Aos 60 dias após o plantio, o sistema radicular, atinge 30cm de profundidade com mais de 50% do total de massa seca de raízes nos primeiros 15cm de solo tanto em condições de sequeiro como irrigada.
4. No 171º dia as raízes da cana atingem 45cm de profundidade estando mais de 75 e 73% delas nos primeiro 30cm do solo, para a cultura irrigada e de sequeiro, respectivamente.
5. O sistema radicular da cultura atinge 90cm de profundidade a partir dos 246 dias após o plantio sendo que, do total da massa seca de raízes, 89% situa-se até 60cm do solo em ambas as condições de manejo estudados.
6. No final do período de cultivo (280 DAP), mais de 90% e 80% da massa seca de raízes estavam concentradas nos primeiro 60cm de profundidade, correspondentes às ares irrigadas e de sequeiro, respectivamente.

7. Com base no total de raízes coletadas o sistema radicular se em contra com cerca de 76% de sua massa nos primeiros 45cm do solo.
8. O rendimento final da cultura foi afetado pelo estresse hídrico estimando-se em 47,83t/ha para a cana irrigada e para a cana de sequeiro 28,26t/ha.
9. Constatou-se que, quando comparados os dois tratamentos, os parâmetros tecnológicos da cana não se mostram diferentes, no ano estudado cuja precipitação foi de 2.131mm.

6. 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, I. A., CASTRO, P. R. de C. & NOGUEIRA, M. C. S. *Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos*. *Scientia Agrícola*, v.57, n.4, p.653-659, 2000.
- ARORA, V. K. & GAJRI, P. R. *Assessment of a crop-growth water model for preceding maize growth and yield in subtropical environment*. *Agricultural Water Management*, v.46, p.157-156, 2000.
- BACCHI, O.O.S. & SOUZA, J.A.G.C. *Minimum threshold temperature for sugar cane growth*. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS. *Proceedings*, São Paulo, Impress, 1978. V2, p. 1733-41.
- BALL-COELHO, B., SAMPAIO, E.U.S.B., TIESSEN, H. & STWARTJ.W.B. *Root dynamics in plant ratoon crops of sugar cane*. *Plant and soil*. V.42 p.297-305, 1992.

- BARBIERI, V; BACCHI, O.O.S., VILLA NOVA, N.A. *Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (Saccharum spp)*. In: 1 Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Mossoró, 1979.
- BARLOW, E.W.R.; MUNNS, R.E.; BRADY, L.J. *Drought responses of apical meristems*. In: TURNER, N.C. & KRAMER, P.J. (eds.). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York, Wiley, 1980, p.191-205.
- BENICASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas*. Jaboticabal: FUNEP, 1988, 42p.
- BENNET, A.J. *Environmental consequences of increasing production: some current perspectives*. Agriculture Ecosystems & Environment. Elsevier. V.82 p.89-95. 2000.
- BERDING, N., BROTHETON, G.A., LE BROCCQ, D.G., SKINNER, J.C. *Near infrared reflectance spectroscopy for analysis of sugar cane from clonal evaluation trials: I Fibrated cane*. *Crop Science*. V.31, n.4, p.1017-1023.1991.
- BERDING, N., BROTHETON, G.A., Le BROCCQ, D.G., SKINNER, J.C. *Near infrared reflectance spectroscopy for analysis of sugar cane from clonal evaluation trials: Expressed juice*. *Crop Science*. V.31, n.4, p.1024-1028.1991.
- BLACKBURN, F. *Sugar-cane*. Longman, New York. 1984. 414p.
- BULL, T.A. & GLASZIOU, K.T. *Sugar cane*. In: EVANS, L.T. (ed.). *Crop physiology: some case histories*. Cambridge, University Press, 1975, cap. 3, p.51-72.
- BRUNCE, J.A. *Effects of prolonged darkness on the sensitivity of leaf respiration to carbon dioxide concentration in C₃ and C₄ species*. *Annals of Botany*. 1981. V.87 p.463-468. 2001.
- CALDAS, C. *Manual de análises selecionadas: para indústrias sucroalcooleiras*. Maceió-AL. 1998, 438p.

- CALMA, V. C. *Studies on germination degree of tillering and vigour of top and cut-beck seed pieces of POJ-78 sugarcane (Saccharum officinarum)*. Philippine Agriculturist, Laguna v.21, p.585-612, 1933.
- CASAGRANDE, A. A. *Tópicos de fisiologia e morfologia da cana-de-açúcar*. Jaboticabal FUNEP. 1991, 157p.
- CARLUCCI, M. V. & RAMOS, M. T. B. *Influência da deficiência hídrica no florescimento e características tecnológicas da cana-de-açúcar*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.24, n.4, p.461-466, 1989.
- CHANG, J. *Climate and agriculture: in ecological survey*. Chicago, Aldine, 1968, 304p.
- CHANG, H., WANG, J. S. & HO, F. W. *The effect of different pan ratio for controlling irrigation of sugar cane in Taiwan*. Proc. Inc. Soc. Sugar Cane Technology.v. 13, p.652-663, 1968.
- CRSPCTS/PB. *Manual técnico operacional*. 4 ed. 1997, 238p.
- DEMÉTRIO, V. A. & SCÁRDUA, R. *Efeitos da água do solo e temperatura ambiente no rendimento agrícola da cana-de-açúcar (Saccharum spp)*. In: CONGRESSO NACIONAL STAB, 1, Anais, Maceió, 1979, v.1, p.257-64.
- DOOREMBOS, J. & KASSAN, A. H. *Yield response to water*. Rome, FAO, 1979, 193p. (Irrigation and Drainage Paper 33).
- ELLIS, R. D. & LANKFORD, B. A. *The tolerance of sugar cane to water stress during its main development phases*. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.17 p.117-128, 1990.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), *FAO statistical databases agriculture*, <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>. 2001
- FAUCONIER, R. & BASSEREAU, D. *La caña de azúcar*. Barcelona, Blume, 1975, 433p.

- FERNANDES, J. A. *A subsolagem no controle da compactação do solo na cana soca (Saccharum sp.) variedade CB 4176 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular*. Piracicaba 1979. Dissertação de mestrado ESALq- USP.
- GRIMES, D. W.; MILLER, R. J.; DICKENS, L. *Water stress during flowering of cotton*. California Agriculture, 24: 4-6, 1970.
- GOSNELL, J. M. *Some effects of increasing age on sugarcane growth*. Proc. Intern. Soc. Sugarcane Technology, v. 12, p. 590-690, Costa Rica. 1968.
- HARTUNG, W. & DEVIES, W. J. *Abcisic acid under drought and salt stress*. In: PASSARAKLI, M. *Handbook of plants and crop stress*. Madson. Cap.19, 1993.p.401-411.
- HATE, M. G. & ORCUTT, D. M. *The physiology of plant under stress*. 250p. 1987.
- HESKETH, J. & BAKER, D. *Light and carbon assimilation by plants communities*. Crop Science, 7: 285-93, 1967.
- HUMBERT, R .P. *The growing of sugar cane*. Amsterdam, Elsevier, 1968.779p.
- HUNT, R. *Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis*. 1 ed. 1982. 247p.
- HAYAMICHI, Y. *Studies on the germination of sugar seed pieces. Part I. On the characteristics of the germination of buds and seed pieces from different nodes of sugar cane stalks*. Journal of Agricultural Science, Cambridge, v.33, n.2, p.139-148, 1988.
- INFORZATO, R. & ALVAREZ, R. *Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar va. 290 em solo tipo terra roxa legitima*. Bragantia, v.16 p. 1-13, 1957.
- IRVINE, J. E. *Relations of photosynthetic rates and leaf and canopy characters to sugarcane yield*. Crop Science, 15: 671-6, 1975.

- JACKSON, P.; MCRAE, T. & HOGARTH, M. *Selection of sugarcane families across variable environments II. Patterns of response and association with environmental factors*. Field Crop Research. v.43, p.119-130, 1995.
- KEATING, B. A.; ROBERTSON, R. C.; MUCHOW, R. C. & HUTH, N. I. *Modeling sugar cane production systems I. Development and performance of the sugar cane module*. Field Crop Research, v.61, p.253-271, 1999.
- KING, N. J.; MONTGOMERY, R.W.; HUGHES, C. G. *Manual of cane growing*. Sidney, Elsevier, 1965. 375p.
- KLEINENDORST, A. *An Explosion of leaf growth after stress conditions*. Natherlands Journal of Agricultural Science, 23: 139-44, 1975.
- KOEHLER, P. H., MOORE, P. H., JONES, C. A. DELA CRUZ, A & MARETZIKI, A. *Response of drip-irrigated sugarcane to drought stress*. Agronomy Journal, v. 74, n. 5 p. 906-911, 1982.
- KOFFLER, N. F. & DONZELI, P. L. *Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana de açúcar* In: PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização, v.1, Fundação Cargil, 431p. 1987.
- KORNDORFER, G. H., PRIMAVESI, O. & DEUBER, R. *Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA*. Piracicaba. Coopersucar .1989 82p. Boletim técnico.
- KRAMER, P.J. *Water relations of plants*. Academic Press, New York, 1983. 489p.
- LAMPULANÉS, J., ANGÁS, J. & CANTERO-MARTINEZ, C. *Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage system on two soil in semiarid conditions*. Field Crop Research. Elsevier. V. 69 p. 27-40. 2001.
- LARCHER, W. *Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 3 ed. Springer-Verlag. 495p. 1995.

- LEME, E. J. A.; MANIERO, M. A. & GUIDOLIN, J.C. *Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade*. Cadernos PLANALSUCAR, Piracicaba, n – 2, p. 3-9, mar. 1984.
- LEVITT, J. *Response of plant to environmental stress. II water radiation salt and other stresses*. New York Academic Press. 1980. 606p.
- LOPES, B. F.; SETER, T. L.; McDAVID, C. R. *Photosynthesis and water vapor exchange of pigeonpea leaves in response to water deficit and recover*. Crop Science. Madison. V.28 p.141-145 1988.
- LINGLE, S. E. & WIEGAND, C. L. *Soil salinity and sugar cane juice quality*. Field Crop Research, v.54, p.259-268, 1997.
- 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.I, 431p.
- MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V. & CIONE, J. *Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 17 (9): 1323-9, set. 1982.
- MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; CAMARGO, M. B. P.; GAHL, J. I. *Relações radiométricas de uma cultura de cana-de-açúcar*. Bragantia, Campinas, 44 (1): 229-38, 1985.
- MACLEAN, F. G., McDAVID, C. E.; SINGH, Y. *Preliminary results of net assimilation rate studies in sugarcane*. Proceedings of the International Society of Sugar Cane technologists, 13: 849-58, 1968.

- MADDONNI, G. A. & OTEGUI, M. E. *Leaf area, light interception and crop development in maize*. Field Crop Research, Elsevier. V. 48 p.81-87, 1996.
- MONGELARD, J. C & MIMURA, L. *Growth studies on the sugar cane plant. I - Effects of temperature*. Crop Science, 2: 795-800, 1971.
- MOREIRA, D. R. & CARDOSO, V. J. M. *Effect of soil moisture content and the irrigation frequency on the sugar cane germination*. Scientia Agrícola. V. 57 n.4 p.653-659, 2000.
- MOTA, F.S. *Meteorologia agrícola*. 7.ed, São Paulo:Nobel, 1983.
- MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T.R. & BENNETT, J.M. *Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations*. Agronomy Journal, V.82 p.338-343. 1990.
- MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. & WOOD, A.W. *Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia II. Sucrose accumulation and commercial yield*. Field Crop Research. Elsevier, V.48 p. 27-36. 1996a.
- MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; WOOD, A.W. & KEATING, B. A. *Effect of nitrogen on the time course of sucrose accumulation in sugarcane* Field Crop Research. Elsevier, V.47 p. 143-153. 1996b.
- NELSON, P. N. & HAM, G. J. *Exploring the response of sugarcane to sodic and saline conditions through natural variations in the field*. Field Crop Research, v.66, p.245-255, 2000.
- NÓBREGA, J.Q. *Variações morfofisiológicas no rendimento do feijoeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação*. (Tese de Doutorado). UFPB/CCT. 2000, 100p.
- OLIVEIRA, P. F. M., SOARES, R. A.B., RESENDE, N.C., CARDOSO, H.R., ROSENFELD, U, & MACHADO, V.F. *Efeito da palha sobre a produtividade da cana-de-açúcar submetida a lâminas crescentes de irrigação de brotação*. 7º congresso nacional da STAB, STAB. v.18, n. 1,1999.

- PÁEZ, A.; GONZÁLES, M. E.; YARUSQUI, O. X.; ET AL. *Water stress and clipping management effects on guinea grass: I Growth and biomass allocation*. Agronomy Journal. V.87, p.698-707,1995.
- RADFORD, P. F. *Growth analysis formulae: Their use and abuse*. Crop Science. n.7, p.171-175, 1967.
- RICHARDS, L. A. & WADLEIGH, C. H. *Soil water and plant growth*. In: SHAW, B.T. (ed.). *Soil Physical conditions and plant growth*, New York, Academic Press, 1952, Chap. 3, p.73-251 (Agronomy - A series of monographs, vol II).
- RITCHIE, S. W.; NGUIEN, H. T. & HOLADAY, A.S. *Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance*. Crop Science, Madison, v.30, p.105-111, 1990.
- ROBERTSON, M .J., INMAM-BAMBER, N. G., .MUCHOW, R. C. & WOOD, A. W. *Physiology and productivity of sugar cane with early and mid-season water deficit*. Field Crop Research. Elsevier. V.64 p.211-227. 1999.
- ROBERTSON, M .J., WOOD, A. W. & .MUCHOW, R. C. *Growth of sugar cane under high input conditions on tropical Australia. I Radiation use, biomass accumulation and partitioning*. Field Crop Research. Elsevier. V.48 p.11-25. 1996.
- ROBERTSON, M. J.; MUCHOW, R.C.; WOOD, A. W & CAMPBEL, J. A. *Accumulation of reducing sugars by sugar cane: Effects of crop age, nitrogen supply and cultivar*. Field Crop Research. Elsevier. V.49 p.39-50. 1996.
- ROBERTSON, M .J. & DONALDSON, M. J. *Changes in the components of cane and sucrose yield in response to drying-off before harvest*. Field Crop Research. Elsevier. V.55 p.201-208. 1998.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, J. H. & CAVALCANTE, F. J. H. *Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.22, p.425-431, 1987.

- SAN JOSÉ, J. J. & MEDINA, E. *Análisis de la productividad de caña de azúcar. I. crecimiento, desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar 'PR 980'*. Turrialba, 20 (2): 143-8, 1970.
- SINGH, R. B. *Environmental consequences of agricultural development: A case study from the green revolution state of Haryana, India*. Agriculture Ecosystems & Environment, Elsevier, V.82 p.97-103 ,2000.
- STEWART, G. A. *High potencial productiviyy of the tropics for cerial crops, grass forage crops and beef*. Journal Australian Institut Agricultural Science, n. 36, p.85-101,1970.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Redwood City, Benjamin/Cummings, 1991. 565p.
- THOMPSON, G. D. *Water use by sugar cane*. South African Sugar Journal, v.60 n.12 p.627-635, 1976.
- THOMPSON, L. M. & DU TOIT, J. L. *The effects of row spacing on sugarcane in Natal*. Proc. Intern. Society Sugar Cane Technology, v.12 , p.103-1012, 1965.
- TRPANI, N.; HALL, A.J.; SADRAS, V.O. & VILELLA, F. *Ontogenic changes in radiation use frequency of sunflower (Helianthus annuus L.) crops*. Field Crop Research. Elsevier. V.29 p.301-316. 1992.
- VAN DEN BERG, M., BURROUGH, P. A. & DRIESSEN, P. M. *Uncertaties in the appraisal of water availability and consequences for simulated sugar cane yield potentials in São Paulo state, Brazil*. Agriculture Ecosystems & Environment. Elsevier. V. 81, p.43-55, 2000.
- VAN DILLEWIJN, C. *Botânica de la caña de azúcar*., Instituto del libro, 1950, 460p.
- VAUX JR, H. J & PRUITT, W. O. *Crop-water production functions*. In: HILLEL, D. (ed.). advances in Irrigation, New York, Academic Press, 1983. Vol 2. P.61-97.

- WADSWORTH, H. A. *Soil moisture and the sugar cane plant*. Hawaiian Planter's Record, 38: 111-9. 1934.
- WADSWORTH, H. A. *Some aspects of the internal water economy of the sugar cane plant*. Hawaiian Planter's Record, 40: 21-33, 1936.
- WATSON, D. J. *Comparative physiological studies on the growth of field crops. I variation in nat assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within between years*. Annals of Botany. V.11 n.41. 1947.
- WATSON, D. J. *The physiological basis of variation in yield*. Advance in Agronomy.v. 4, p.101-145, 1952.
- WEELER, T. R.; CRAUFORD, P. Q.; ELLIS, R.H.; PORTER, J.R. & VARA PRASAD, P.V. *Temperature variability and the yield of annual crops*, Agriculture Ecosystems & Environment, Elsevier. V.82 p.159-167. 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.
- WIEDENFELD, R. P. *Water stress during different sugar cane growth periods on yield and response to N fertilizer*. Agriculture Water Management. Elsevier. V.43 p.173-182, 2000.
- YASSEEN, B.T. & AL-OMARY, S. S. *Analysis of the effects os water stress os leaf growth and yield of three barley cultivars*. Irrigation Science, 14: 157-62, 1994.
- YOON, C. N. *Growth studies on sugarcane*. The Malaysian Agricultural Journal, 48 (2): 47-59,

7. ANEXOS

Tabela A5. Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura.

Trat.	AF	F	IAF	RAF	PSTo	Altura	Nº folhas	Nº nos	PF colmo
Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura 1º coleta									
Irigado	440,4176	3,274977	0,179611	107,7816	7,5905	31,9	6	0	0
	698,7452	5,279989	0,257535	67,10457	12,30406	33,9	6	0	0
	473,3227	6,114108	0,179107	27,10879	13,52088	35,2	5	0	0
	549,6329	4,454228	0,215558	110,6353	4,94812	33,3	6	0	0
	636,7177	3,632286	0,254687	117,8375	5,19966	31,9	5	0	0
	498,7677	4,207508	0,203548	131,0251	4,00408	34,2	5	0	0
Sequeiro	475,6362	1,287675	0,047564	23,38568	6,627374	31,5	5	0	0
	331,9384	0,583451	0,031204	19,48596	5,68908	29,1	4	0	0
	753,0612	1,043349	0,067716	16,3217	11,06456	32,5	5	0	0
	512,964	1,000623	0,046802	28,41001	4,21532	34,1	5	0	0
	590,5376	0,948422	0,056648	27,43295	5,29438	32,4	5	0	0
	492,0103	1,094367	0,059524	35,12474	4,36506	29,7	4	0	0
Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura 2º coleta									
Irigado	1203,2	2,941938	0,48128	58,17106	19,60856	32,4	6	0	2,15
	1192,044	3,11702	0,476817	65,51877	18,78328	35,4	6	1	9,23
	1580,667	5,444386	0,632267	90,52228	18,23812	35,9	6	1	11,63
	1405,049	4,532893	0,56202	92,17126	15,02242	27,3	6	0	4,78
	1660,668	4,801031	0,664267	90,81911	18,73414	33,0	7	1	7,19
	2147,426	4,684608	0,858971	84,41261	25,48024	36,9	8	1	21,05
Sequeiro	1929,265	4,18103	0,771706	71,87586	26,80372	37,8	8	1	12,95
	1655,876	4,175397	0,66235	81,09863	20,58136	33,8	8	1	7,73
	1555,123	3,649865	0,622049	84,56839	19,32986	32,6	6	2	10,12
	1369,623	3,496286	0,547849	85,05006	17,71384	26,6	6	1	6,52
	1677,818	4,519521	0,684133	81,80968	22,78796	32,8	6	1	11,55
	1868,269	4,601632	0,747307	82,33105	22,82838	32,3	6	1	25,03
Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura 3º coleta									
Irigado	3228,324	5,994	1,29133	59,65106	53,5089	60,6	9	4	88,74
	2798,8	5,440124	1,220736	52,04125	58,22534	68,2	10	5	130,28
	2318,633	4,621095	0,927453	50,17557	46,18686	68,3	9	5	100,91
	3105,9	5,370042	1,24236	53,49168	58,24736	68,3	9	4	105,60
	2131,606	4,883277	0,852642	85,08038	27,54868	52,7	8	3	125,13
	2716,653	5,261708	1,106904	60,08799	48,74343	63,9	9	5	96,36
Sequeiro	2715,674	4,791303	1,150269	51,2021	56,41108	53,2	9	3	72,48
	2939,315	4,02023	1,175726	59,94376	52,81648	73,2	9	4	138,36
	2895,93	4,497469	1,202985	81,82214	37,82101	74,6	10	5	169,83
	2828,754	4,052248	1,131502	66,30435	43,20712	81,2	10	5	183,46
	2588,174	4,065575	1,03527	70,39369	38,31004	68,8	9	4	107,89
	2793,569	4,285365	1,13915	65,93321	45,71315	73,4	10	5	151,01

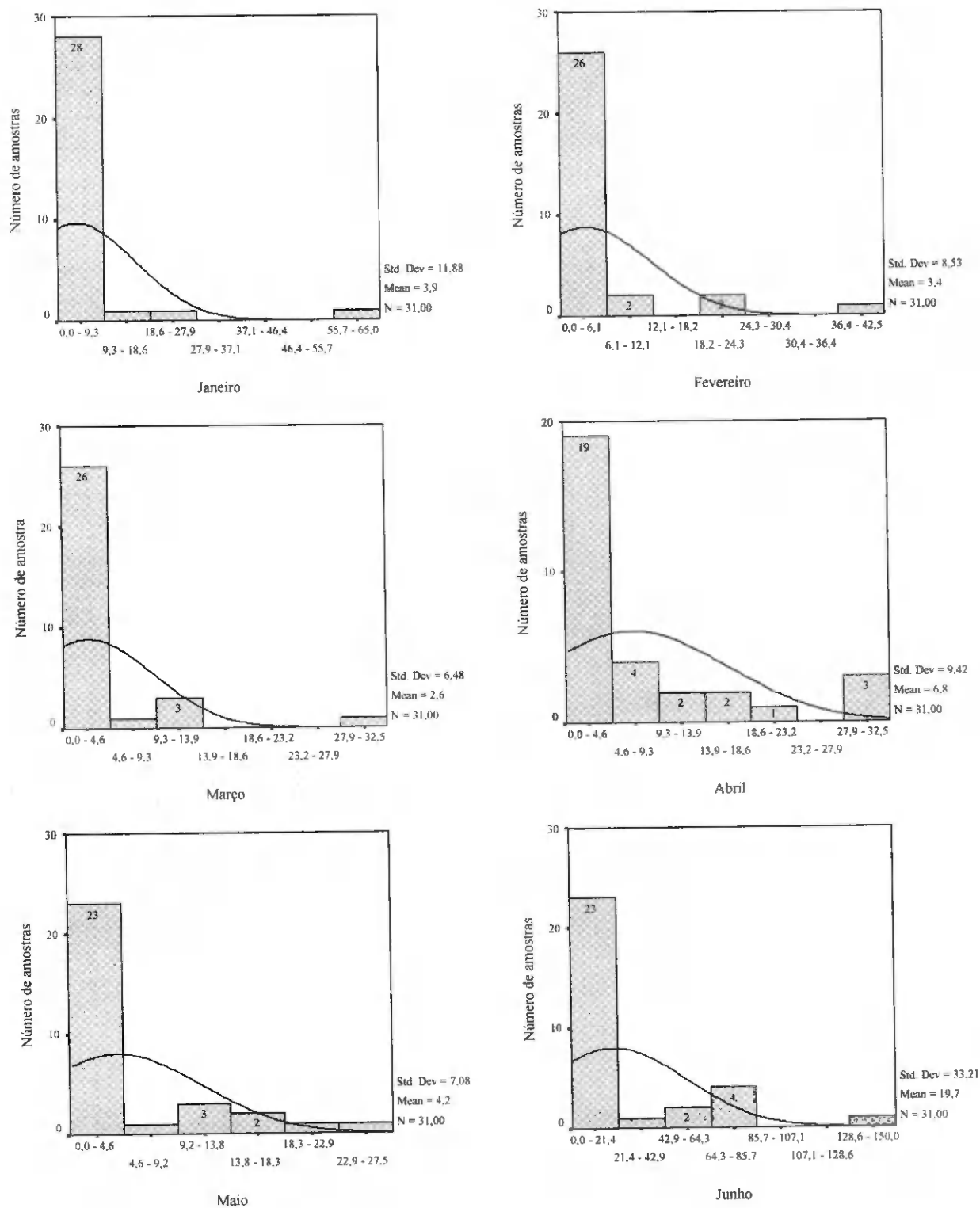
Tabela A5. Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura.

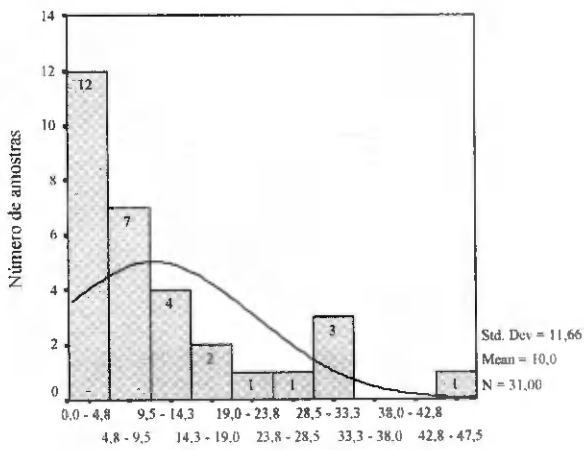
	AF	F	IAF	RAF	PSTo	Altura	Nº folhas	Nº nos	PF colmo
Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura 3º coleta									
Irrigado	271,5674	4,245237	1,424503	24,39477	144,8912	145,88	10	9	530,22
	293,9315	5,129335	1,474098	20,42695	182,2688	142,04	11	11	434,3
	289,593	4,500263	1,266631	27,8424	126,2554	147,42	8	10	414,42
	282,8754	5,889831	1,432741	25,72136	139,749	142,76	8	11	398,78
	258,8174	5,031252	1,442293	24,55543	150,6681	134,86	7	11	378,64
	279,3569	4,789584	1,313932	26,3191	127,0046	137,76	9	10	389,7
Sequeiro	3017,775	4,571305	1,20711	22,89113	139,58	124,38	11	10	392,06
	3117,034	4,857729	1,246814	28,01124	117,4923	131,78	11	10	348,46
	3879,337	5,138265	1,508245	21,51888	179,8937	146,86	12	11	415,66
	3307,571	5,124913	1,299204	19,56976	164,9762	155,9	10	12	501,5
	3246,191	5,096798	1,330527	23,8495	144,2039	141,68	10	12	378,65
	3466,16	4,581336	1,386464	19,79335	180,7855	151,74	10	12	409,68
Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura 3º coleta									
Irrigado	301,7775	4,653677	1,063006	18,77552	97,06475	144,42	10	12	445,66
	311,7034	4,291358	0,88505	14,92414	105,4152	160,56	10	14	304,00
	387,9337	4,967441	1,081234	19,96479	93,19662	149,98	10	14	427,90
	330,7571	5,183708	1,11051	19,06612	105,4631	149,44	11	14	484,22
	324,6191	5,340145	1,416092	20,54637	129,7435	151,58	13	14	595,70
	346,616	5,882789	1,203767	20,37734	103,7773	150,62	10	13	476,48
Sequeiro	1896,858	4,077357	0,923005	27,14018	48,282	149,540	12	14	360,92
	2908,065	4,649799	1,081082	29,06641	50,294	152,400	10	15	381,92
	2754,174	3,750039	0,975242	25,55412	49,11194	152,720	11	13	369,46
	2291,933	3,84025	0,84251	26,33057	40,50921	141,540	13	12	293,04
	2343,795	4,149842	0,966102	26,60085	50,62388	154,240	11	13	403,26
	2324,761	3,556434	0,896264	29,69854	43,86778	148,600	13	13	395,06
Médias coletadas ao longo do ciclo da cultura 3º coleta									
Irrigado	189,6858	4,661009	1,028535	10,46846	531,0329	163,7	10	17	542,34
	290,8065	5,565534	1,146271	14,00789	216,4683	167,92	11	17	500,22
	275,4174	5,818255	1,14303	11,24464	247,7473	177,6	12	19	612,24
	229,1933	6,40352	1,37991	15,74724	228,2575	171,06	9	18	648,45
	234,3795	6,13367	1,17065	14,57465	200,0127	159,2	10	16	556,3
	232,4761	5,485623	0,978938	9,661603	255,4217	161	12	17	496,38
Sequeiros	2483,32	4,398385	0,993328	22,07174	114,4245	187,6	10	18	705,92
	2161,881	4,049184	0,864752	23,82632	98,37966	176,34	11	18	580,18
	2411,889	5,379972	0,964756	29,33302	82,23859	145,9	10	14	404,96
	2700,843	5,118496	1,080337	23,57632	115,6354	183,9	12	18	689,6
	2897,631	5,613766	1,159052	28,71975	100,1347	159,9	12	17	555,82
	2420,605	5,820284	0,968242	23,1486	107,2713	175,3	12	18	635,66

Tabela A₆. Análise descritiva das chuvas ocorridas no período de cultivo.

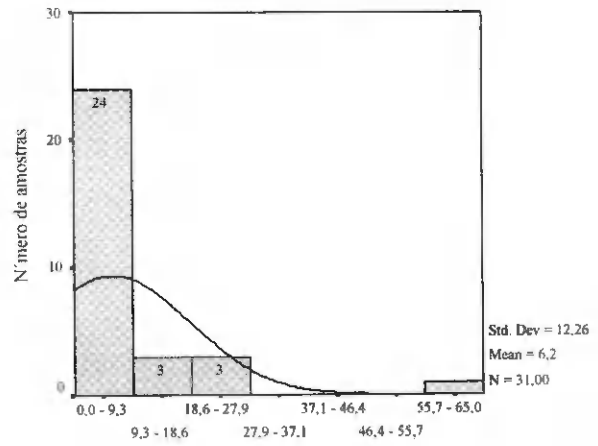
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas	Chuvas
0,00	23	23	23	13	16	17	11	19	19	30	28	24
1,00				1	1							
1,50		1	1		1							
2,00	1			3	2			1	1			
2,50	2											
3,00		1	2	1			1		1			
4,00				1	1			2	1		1	1
5,00		1	1			1	1	1				
5,50							1					
6,00							1					1
6,50		1							1			2
7,00				1		1						
7,50				2	1			2	1			
8,00	1							1				
8,50				1				1				1
9,00	1							1				
9,50					1							
10,00			1			1	2					
10,50						1						
11,00		1										
12,00			1		1	1						
12,50				1			1		1			
13,00	1			1	1			1				1
13,50			1									
14,00							1	1			1	
14,50									1			
15,00				1	1			1			1	
16,00					1			2				
17,00										1		
17,50				1								
18,00						1						
19,00		1										
19,50		1										
20,00	1			1	1			1				
20,50									1			
22,00							1					
23,00								1	1			
23,50									1			
24,00							1					
26,00					1			1				
28,00				1								
28,50				1				1				
29,50								1				
30,00						1		1				
31,00				1								
31,50			1									
37,00												1
40,00		1										
43,50						1						
46,00							1					
56,50						1						
58,00								1				
63,00	1											
65,50						1						
66,00									1			
68,00						1						
73,00						1						
77,00						1						
77,50									1			
135,0						1						

Figura A₁. Análise descritiva, mês a mês, das chuvas ocorridas no período de cultivo.

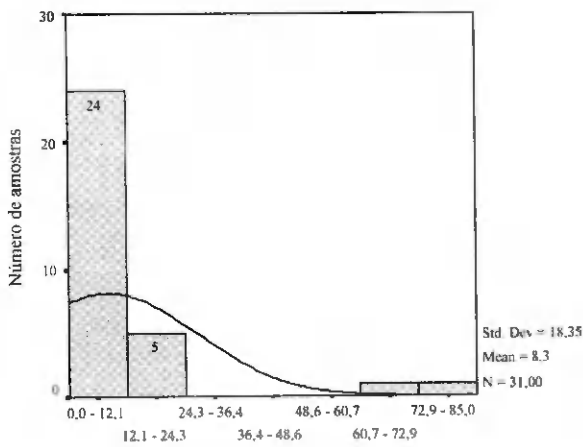




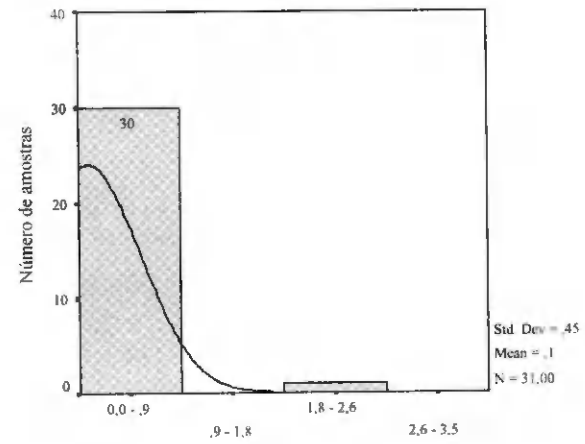
Julho



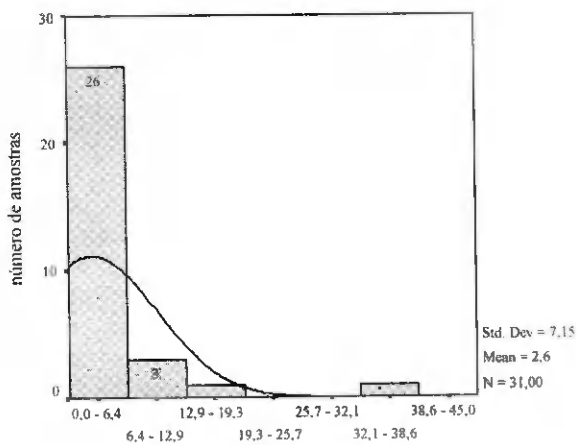
Agosto



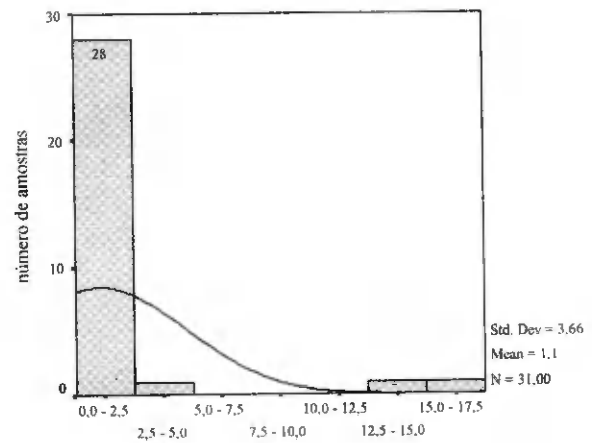
Setembro



Outubro



Dezembro



Novembro