

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

CANA-DE-AÇÚCAR EM BACIAS HIDROGRÁFICAS
EXPERIMENTAIS IRRIGADAS

Vanessa Lorencini da Silva
Engenheira Agrônoma

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR EM BACIAS HIDROGRÁFICAS
EXPERIMENTAIS IRRIGADAS**

Vanessa Lorencini da Silva

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Ciência do Solo)**

2014

Silva, Vanessa Lorencini da
S586c Cana-de-açúcar em bacias hidrográficas experimentais irrigadas. /
Vanessa Lorencini da Silva. – – Jaboticabal, 2014
iv, 43 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014

Orientador: José Eduardo Pitelli Turco

Banca examinadora: Humberto Vinicius Vescove, Roberto Gil
Rodrigues Almeida, Teresa Cristina Tarle Pissarra, David Luciano
Rosalen.

Bibliografia

1. Manejo. 2. Superfícies inclinadas. 3. Saccharum. 4. Radiação
solar. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.67:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CANA-DE-AÇÚCAR EM BACIAS HIDROGRÁFICAS EXPERIMENTAIS IRRIGADAS

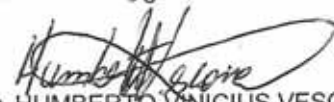
AUTORA: VANESSA LORENCINI DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE EDUARDO PITELLI TURCO

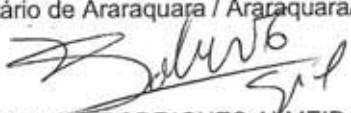
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSE EDUARDO PITELLI TURCO

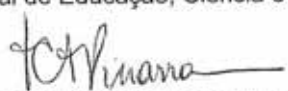
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. HUMBERTO VINICIUS VESCOVE

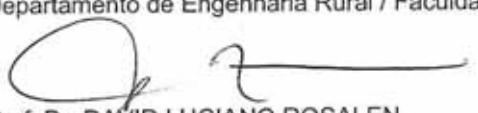
Centro Universitário de Araraquara / Araraquara/SP


Prof. Dr. ROBERTO GIL RODRIGUES ALMEIDA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG


Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. DAVID LUCIANO ROSALEN

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 17 de dezembro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VANESSA LORENCINI DA SILVA, nascida em 30 de outubro de 1981, em Ribeirão Preto – SP, é Engenheira Agrônoma formada pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal – FCAV/UNESP, desenvolvendo trabalhos na área da produção vegetal e engenharia agrícola rural, sendo bolsista do CNPQ nos anos de 2002 e 2003. Recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2006. Desde março de 2006 trabalha na Usina Santa Adélia, sendo responsável pela área de desenvolvimento agrônomo e qualidade. Em julho de 2007 ingressou na mesma Universidade para iniciar o curso de Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo, concluiu em outubro de 2009, ainda nesta Universidade em 2010 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo, com conclusão em dezembro de 2014. É autora e coautora de diversas publicações científicas dentre artigo e resumos.

Dedico

À minha mãe, ao meu querido esposo e à minha amada filha,
pelo apoio, carinho e compreensão pelos momentos de ausência
para a conclusão deste trabalho.

À Deus, razão maior de todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter permitido que caminhasse com vitórias até aqui.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, pela orientação, confiança, amizade e, principalmente, pelo apoio e incentivo durante todo o curso.

À Unesp- Campus de Jaboticabal.

À Usina Santa Adélia, pela concessão das horas de trabalho para a conclusão do curso.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	iii
SUMMARY.....	iv
1. INTRODUÇÃO.	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.	2
2.1. Aspectos gerais da cana-de-açúcar.	2
2.2. Morfologia e composição da cana-de-açúcar	3
2.3. Fisiologia da cana-de-açúcar.	5
2.4. Aspectos econômicos.....	8
2.5. Cultura irrigada.	9
2.6 Declividade e radiação solar.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.	13
3.1. Caracterização da área experimental.	13
3.2. Características físicas e químicas do solo.....	16
3.3. Obtenção dos dados meteorológicos.	16
3.4. Cultura utilizada.....	16
3.5. Instalação do experimento	16
3.6. Manejo da irrigação	17
3.7. Radiação PAR.....	18
3.8. Colheita e análise dos dados	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. Número de colmos por metro linear	22
4.2. Massas das parcelas.....	25
4.3. Produtividade	27
4.4. Produtividade comparada à radiação PAR.....	30
4.5. Açúcar total recuperável (ATR) e Fibra	31
4.6. Açúcar total recuperável (ATR) por unidade de área (hectare)	36
5. CONCLUSÕES	36

6. REFERÊNCIAS.....	37
---------------------	----

CANA-DE-AÇÚCAR EM BACIAS HIDROGRÁFICAS EXPERIMENTAIS IRRIGADAS

RESUMO - Compreender a distribuição espacial das culturas, baseada em informações topográficas, pode fornecer oportunidades de aplicações específicas de manejo. Com esse trabalho objetivou-se quantificar o efeito da influência da exposição, declividade e da irrigação sobre a produção do segundo corte da cana-de-açúcar. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, denominada Bacias Hidrográficas Experimentais com superfícies de 10,5 m², duas na horizontal e as demais com declividade de 10, 20, 30, 40 e 50 % e exposições norte, sul, leste e oeste. A irrigação por gotejamento foi realizada em todas as superfícies, exceto em uma horizontal. A variedade utilizada foi a RB855453. No momento da colheita foram analisadas as massas dos colmos, número de perfilhos, produtividade, ATR e Fibra. A produção de cana-de-açúcar foi influenciada significativamente pela exposição, sendo favorecida na exposição oeste. Os maiores valores de produtividade ocorreram nas superfícies W10, W20 e W40.

Palavras-chave: manejo, superfícies inclinadas, *saccharum*, radiação solar

SUGAR CANE IN IRRIGATED EXPERIMENTAL RIVER BASIN

ABSTRACT - Understanding the spatial distribution of crops, based on topographic information, can provide opportunities for specific management applications. With this work is aimed to quantify the effect of the exposure, slope and irrigation influence on the production of second cut of sugar cane. The research was developed in the experimental area of the Department of Agricultural Engineering of FCAV / UNESP, called Experimental Hydrographic Basins with areas of 10.5 m², two in the horizontal and the other with a gradient of 10, 20, 30, 40 and 50% and exhibitions north, south, east and west. Drip irrigation was performed on all surfaces, except in a horizontal. The variety used was the RB855453. At harvest were analyzed the masses of the stems, number of tillers, productivity, total recoverable sugar (ATR in Portuguese) and fiber. The production of sugar cane was affected by exposure, being favored in western exposure. The greatest yields occurred in W10, W20 and W40 surfaces.

KEYWORDS: management, inclined surfaces, saccharum, solar radiation

1. INTRODUÇÃO

Entre as grandes culturas, a cana-de-açúcar se destaca como a planta de maior potencial para a produção de massa seca e energia por unidade de área em um único corte por ano. Desde 2006 representa um dos grandes mercados agrícolas brasileiros com previsão de aumento de 40% na área plantada e da ordem de 100% na produção, nos próximos 10 anos (SILVA et al., 2014).

Segundo dados do IBGE (2014) a estimativa de produção da cana-de-açúcar no Brasil para a safra 2014/15 será de 749,046 milhões de toneladas, com uma área total plantada de 10,78 milhões de hectares.

São muitos os fatores que podem ser considerados como limitantes à produção da cana-de-açúcar, a disponibilidade hídrica é um deles. EMBRAPA (2014) afirma que estudos recentes têm mostrado que a quantidade de água necessária para a cultura da cana-de-açúcar atingir seu máximo potencial é em torno de 1.200 a 1.300 milímetros durante todo seu ciclo vegetativo.

A influência da declividade na produtividade de culturas foi objeto de estudo de diferentes pesquisas Benincasa (1976), Turco (1997); Turco et al.(2006) e Coan et al. (2012). No caso da cultura da cana-de-açúcar, a interferência do fator topográfico foi significativa para algumas variáveis estudadas por Marazon (2013).

Outro fator que interfere na produtividade é a quantificação da radiação incidente, segundo Coan (2008), citado por Marazon (2013), essa quantificação da radiação incidente em diversas situações e o entendimento de seu efeito no funcionamento de vários processos fisiológicos são fundamentais para estabelecer uma expectativa de produção vegetal e, também, para que se possam propor práticas de manejo que possibilitem o melhor aproveitamento deste e de outros fatores.

Mediante a importância e a necessidade de disponibilizar informações científicas e técnicas, com este trabalho o objetivo foi quantificar o efeito da influência da exposição, declividade e da irrigação sobre a produção do segundo corte da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é originária do Sudeste Asiático, região esta com ambiente com ampla disponibilidade de radiação solar, luminosidade e água. (SUGUITANI, 2006). A primeira espécie cultivada foi a *Saccharum officinarum* L., mas com o tempo, cultivares desta espécie sofreram problemas de doenças e de adaptação ecológica, e foram substituídas pelos híbridos interespecíficos do gênero *Saccharum*. A cultura se propagou pelo norte da África e no sul da Europa, mas devido ao clima desfavorável destas regiões, as tentativas de implantação da cultura foram frustradas (SEGATO et al., 2006).

Em 2014 ela ocupa lugar de destaque por sua importância econômica, social e ambiental, sendo cultivada comercialmente em mais de 70 países (SANTOS, 2006).

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) vem sendo explorada como cultura agrícola desde a época em que o Brasil era apenas colônia de Portugal. A importância sócio-econômica dessa cultura tem acompanhado seu histórico no país, muitas cidades surgiram da expansão territorial de suas plantações e pela localização de novas usinas, uma vez que a atividade sucroenergética segue em busca de bolsões de solos adequados para o desenvolvimento dos canaviais (PEREIRA, 1972).

As principais regiões brasileiras produtoras são Centro Sul e Nordeste, o que permite dois períodos de safra, de abril a novembro e de setembro e abril, respectivamente, proporcionando o desenvolvimento da cultura nas mais variadas condições climáticas (TAVARES, 2009). No entanto, a maior concentração de usinas ainda está no Estado de São Paulo, a expansão da área e da quantidade produzida ocorreu, sobretudo, a oeste do Estado, como em Presidente Prudente, Dracena, Andradina e São José do Rio Preto que passaram a concorrer com as tradicionais regiões canavieiras de Ribeirão Preto e Piracicaba (SACHS; MARTINS, 2007).

A cana-de-açúcar tornou-se uma monocultura devido às condições de clima e solo da região Nordeste e de São Paulo. Foi também a cana, a matéria-prima que

alimentou a mais importante indústria no País durante o largo período em que o açúcar brasileiro superava a produção das outras regiões canavieiras do mundo (CENTEC, 2004).

Em relação à produtividade agrícola, as informações disponíveis até o momento indicam que o rendimento da área a ser colhida na safra 2014/2015 poderá apresentar queda próxima a 8% na comparação com o último ano, quando o índice atingiu 79,8 toneladas de cana-de-açúcar por hectare. Como a queda na produtividade agrícola deverá ser superior ao aumento da área de colheita, o volume de cana-de-açúcar processado na safra 2014/2015 deverá ficar 2,84% aquém daquele verificado em 2013/2014 (UNICA, 2014).

Ainda sobre o Brasil, Jadoski et al. (2010) destacam que o mesmo é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com aproximadamente 33% do montante produzido no mundo, liderança que tem marcado a importância da cultura na economia mundial e que tem assumido papel de destaque no contexto socioambiental como alternativa para a substituição parcial da utilização de combustíveis fósseis frente aos acordos internacionais de redução de gases de efeito estufa.

2.2 Morfologia e composição da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta monocotiledônea, alógama e perene, pertencente à família Poaceae. É caracterizada pela inflorescência do tipo panícula, flor hermafrodita, caule em crescimento cilíndrico composto de nós e entrenós, folhas alternas, opostas, presas aos nós dos colmos, com lâminas de sílica em suas bordas, e bainha aberta adaptando-se a diversas condições de climas e solo. Apresenta um sistema radicular fasciculado, composto pelas raízes temporárias, permanentes e adventícias (RODRIGUES, 1995).

O colmo é a parte mais importante economicamente, e se desenvolve a partir da gema do tolete de cana. Quando a cana é plantada, cada gema pode formar um colmo primário. Colmos secundários chamados de "perfilhos" podem se formar a partir as gemas subterrâneas do colmo primário. O colmo é formado por nós e entrenós. O nó é onde a folha está presa ao colmo e onde as gemas e a raiz primária são

encontradas. O comprimento e o diâmetro dos nós e entrenós variam muito conforme as cultivares e as condições de cultivo (MARIN, 2011).

Como a cana-de-açúcar é uma planta tipo C4, as elevadas eficiências fotossintéticas devem-se a altas intensidades luminosas. Com elevadas taxas de radiação, os colmos são mais grossos e mais curtos, as folhas são mais longas e verdes e o perfilhamento é mais intenso. Em condições de baixa irradiância, os colmos são mais finos e longos e as folhas mais estreitas e amarelas. Quanto maior a quantidade luminosa, mais fotossíntese será realizada, portanto maior será seu desenvolvimento e acúmulo de açúcares (RODRIGUES, 1995).

A grande capacidade da cana-de-açúcar, para a produção de matéria orgânica, reside na alta taxa de fotossíntese por unidade de superfície de terreno, que é influenciado pelo Índice de Área Foliar (IAF). Além disso, o longo ciclo de crescimento da planta resulta em elevadas produções de matéria seca (BARBIERI, 1981).

A composição química dos colmos é extremamente variável em função de diversos fatores como: variedade da cultura; idade fisiológica, condições climáticas durante o desenvolvimento e maturação, propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, tipo de cultivo entre outros (PARANHOS, 1987).

A cultura necessita de grandes quantidades de água, sendo que somente 30% de seu peso são de matéria seca e 70% de matéria líquida (NÓBREGA; DORNELAS, 2006).

Um dos fatores de produção e desenvolvimento tecnológico, de maior importância a ser considerado em uma usina sucroalcooleira, é a escolha das variedades da cana-de-açúcar. Visto que as variedades são responsáveis pelo fornecimento da matéria-prima para a indústria, caracterizada como sendo colmos de cana-de-açúcar em adequado estágio de maturação, onde estão armazenados os carboidratos de reserva (MATSUOKA, 2000).

O aumento do índice de área foliar é rápido durante o terceiro e quinto mês, e alcança seus valores de pico durante a fase inicial de crescimento dos colmos (PEREIRA, 1985).

Dentre as principais características a serem atendidas nas variedades citam-se as agrônômicas, especialmente de produtividade, rusticidade, resistência às pragas e

doenças, além de características industriais, como alto teor de sacarose e médio teor de fibras (STUPIELLO, 1987).

2.3 Fisiologia da cana de açúcar

A cada ciclo, a cultura é submetida, durante o seu desenvolvimento, a diferentes condições ambientais (clima, solo), afetando diretamente o rendimento agrícola, sendo este afetado também, pelo manejo, época de plantio, variedade, tipo de muda, época de corte e estágio de desenvolvimento da cultura, surgindo a necessidade de uma previsão das respostas das culturas aos diferentes estímulos (MARCHIORI, 2004).

Gascho e Shih (1983) as fases de crescimento da cana-de-açúcar em quatro: fase de brotação e estabelecimento, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação.

A brotação vai do plantio até a completa brotação das gemas. Conforme as condições do solo, a brotação começa de 7 a 10 dias após o plantio e geralmente dura ao redor de 30-35 dias. A brotação da gema é influenciada por fatores externos e internos (CASAGRANDE, 1991). Os fatores externos são a umidade do solo, temperatura do solo e aeração. Os fatores internos são a saúde da gema, a umidade do tolete, a redução do conteúdo de açúcar do tolete e o estado nutritivo do tolete. A Temperatura ideal para a brotação é de 28 - 30°C. Solo úmido e calor asseguram uma brotação rápida. Solos porosos bem estruturados facilitam uma melhor brotação (RODRIGUES, 1995).

O perfilhamento começa ao redor de 40 dias depois do plantio e pode durar até 120 dias. O perfilhamento proporciona ao cultivo o número de colmos necessários para uma boa produção. Vários fatores tais como cultivar, luz, temperatura, irrigação (umidade do solo) e adubação influenciam o perfilhamento. É de extrema importância ter a luminosidade adequada alcançando a base da planta durante o período de perfilhamento. A população de perfilho máxima é alcançada ao redor de 90 - 120 dias depois do plantio. Ao redor de 150 - 180 dias, pelo menos 50 por cento dos brotos (perfilhos) morrem e uma população estável é estabelecida (RODRIGUES, 1995).

A fase de crescimento dos colmos começa a partir de 120 dias depois do plantio e dura até 270 dias em um cultivo de 12 meses. Durante o período anterior, no perfilhamento, ocorre uma estabilização. Essa é a fase mais importante do cultivo onde ocorre a formação e alongamento do colmo e assim resultando na produção da cana. A produção foliar é frequente e rápida durante essa fase com IAF (Índice de Área Foliar) alcançando ao redor de 6 a 7 folhas por mês (IRVINE et al., 1980).

Sob condições favoráveis, os colmos crescem rapidamente quase que de 4 a 5 entrenós por mês. Irrigação, fertirrigação, calor, umidade e condições climáticas solares favorecem um melhor alongamento de cana. Falta de umidade reduz a extensão dos entrenós (MACHADO et al., 1985).

A maturação em um cultivo de doze meses dura ao redor de três meses começando de 270 a 360 dias. A síntese de açúcar e acúmulo rápido de açúcar acontece durante essa fase, e o crescimento vegetativo é reduzido. Conforme a maturação avança, açúcares simples monossacarídeos (frutose e glicose) são convertidos na cana de açúcar em um dissacarídeo (sacarose). A maturação da cana acontece de baixo para cima e assim a parte de baixo contém mais açúcar que a porção de cima. Bastante luminosidade, dias quentes e clima seco são altamente benéficos para a maturação (MARIN, 2007).

Segundo Pereira (2002), os processos de bioconversão de energia na cana-de-açúcar, são mais efetivamente afetados pelos seguintes parâmetros ambientais: luz (intensidade e quantidade), concentração de CO₂, disponibilidade de água e nutrientes e temperatura.

Freitas (2007) explica que mensalmente as temperaturas médias devem ficar entre 30°C a 34°C, fator que favorece o acúmulo de açúcar, abaixo de 20°C o crescimento é muito lento. Acima de 35°C também é lento, e além de 38°C o crescimento é nulo. A umidade em excesso compromete a produtividade e a falta de chuva provoca a morte da planta, o ideal é que durante o crescimento da planta a umidade do solo esteja entre 80 e 85%, fator que favorece o alongamento rápido da cana, durante o amadurecimento a umidade deve ficar entre 45 e 65%, favorecendo o acúmulo de açúcar na cana.

De acordo com Townsend (2000) a luz está relacionada ao espaçamento, plantas muito próximas competem por luz e conseqüentemente tem problemas com a

fotossíntese, tendo perdas no acúmulo de nutrientes e açúcar. A luz não influencia na brotação da planta, mas sem luz não há perfilhamento nem crescimento da cana.

O clima é o fator que mais influencia na produtividade da cana-de-açúcar (IDE; OLIVEIRA, 1986). Barbieri (1993) afirma que no Brasil, devido à sua grande extensão territorial, encontram-se as mais variadas condições climáticas para o desenvolvimento da lavoura canavieira. Certas regiões possuem clima ideal sem restrição alguma, ao passo que outras apresentam restrições térmicas e/ou hídricas moderadas, que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais. Entretanto, há aquelas onde há restrições limitantes e somente o cultivo de variedades selecionadas e o emprego de recursos extras podem corrigir as deficiências hídricas ou técnicas, viabilizando economicamente a atividade canavieira.

Os principais componentes climáticos que controlam o crescimento, a produção e qualidade da cana são: temperatura, luz e umidade disponível. A planta vive melhor em áreas ensolaradas quentes e tropicais. O clima "ideal" para máxima produção de açúcar da cana-de-açúcar é caracterizado como uma estação longa, quente com alta incidência de radiação solar e umidade adequada (RODRIGUES, 1995).

Durante o período de crescimento ativo, a chuva favorece um crescimento rápido da cana, alongamento da cana e formação de entrenós. Durante o período de amadurecimento, não é desejável muita chuva porque isso causa a baixa da qualidade do caldo, aumenta o crescimento vegetativo. Isto também prejudica a colheita e operações de transporte (GOUVÊA, 2008).

A alta umidade do solo (80 - 90%) favorece um alongamento de cana rápido durante o período de crescimento. Um valor moderado de 45 - 65 % junto com um suprimento de água limitado é favorável durante a fase de amadurecimento (LYRA, 2010).

A Cana-de-açúcar é uma planta que necessita de muita luz solar. Ela se desenvolve bem em áreas que recebem energia solar de 18 - 36 MJ.m⁻². Sendo uma planta C4, a cana de açúcar é capaz de produzir altos índices de fotossintéticos e o processo mostra uma variação de alta saturação em relação à luz. O perfilhamento é afetado por intensidade e duração do brilho do sol. Alta intensidade de luz e longa duração promovem o perfilhamento enquanto dias curtos e nublados diminuem. O

crescimento do colmo aumenta quando a luz do dia está entre uma faixa de 10 a 14 horas (PEREIRA,1985).

Segundo Oliveira et al.(2010), a análise de crescimento da cana-de-açúcar tem permitido identificar as fases de desenvolvimento da cultura nos diferentes ambientes, com influência da disponibilidade hídrica e radiação solar, podendo levar a cultura a expressar todo o seu potencial genético.

2.4 Aspectos econômicos

O Brasil é o maior exportador mundial de açúcar, respondendo por 45% do total comercializado deste produto no mundo. Em relação à produção de etanol, utiliza cerca de 1% da área agricultável do país (CIB, 2009). Segundo UNICA (2012) a produção é desenvolvida em 22 dos 27 estados da federação, em 430 unidades produtoras, gerando 1,2 milhão de empregos.

Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do IBGE (2014), a área plantada com cana-de-açúcar no Brasil é de 9,8 milhões de hectares, com uma produção de 715,3 milhões de toneladas. Para o ano de 2020, a Organização Internacional do Açúcar (ISO, na sigla em inglês) prevê que esta produção alcance 846 milhões de toneladas. A importância agrícola e industrial dessa cultura, para o Brasil, se deve ao valor da produção, da área explorada e sua múltipla utilidade.

O levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), em dezembro de 2013, aponta que a área cultivada com cana-de-açúcar destinada à atividade sucroenergética na safra 2013/14, distribuída em todos estados produtores, está estimada em 8.810,79 mil hectares. O maior produtor ainda é o estado de São Paulo com 51,66% (4.552.040 hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,29%, Minas Gerais com 8,85%, Paraná com 6,66%, Mato Grosso do Sul com 7,08%, Alagoas com 5,02% e Pernambuco com 3,25%. Os demais estados produtores representam abaixo de 3,0% das áreas. Estes números representam crescimento de 3,80% ou 325,8 mil hectares em relação à safra 2012/13 e se deve às novas unidades e à consolidação das áreas destas novas indústrias, concentrado nos estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. O percentual de ATR (açúcar total recuperável) destinado à produção de açúcar foi estimado em

46,11% do total, o que equivale a 304,24 milhões de toneladas e o restante, 53,89%, para a produção de etanol, equivalente a 355,61 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

Além disso, a cultura da cana-de-açúcar é de grande versatilidade, sendo utilizada desde a forma mais simples como ração animal, até a mais nobre como o açúcar. Na cana nada se perde: do caldo obtêm-se o açúcar, a cachaça, o álcool, a rapadura e outros; do bagaço, o papel, a ração, o adubo ou o combustível; das folhas a cobertura morta ou ração animal. Assim, a agroindústria da cana-de-açúcar, direciona-se a integrar os sistemas de produção alimentar, não alimentar e energético, envolvendo atividades agrícolas e industriais, e ainda atua com vantagens comparativas em relação às outras matérias-primas, pelo fato de ser intensiva em mão-de-obra e o Brasil ter os menores custos de produção do mundo (VASCONCELOS, 2002).

2.5 Cultura irrigada

Essa técnica não funciona isoladamente, mas, sim, conjugada com outras práticas de manejo da cultura. A irrigação, além de proporcionar incremento na produtividade, permite ampliar o tempo de exploração da planta e o número de colheitas (DALRI et al., 2008).

A agricultura irrigada deve ser realizada visando a máxima eficiência, dentro das condições econômicas de toda a atividade produtiva. Tal eficiência não refere-se somente ao manejo da irrigação, mas a todo sistema de produção (SILVA, 2005). Vale ressaltar que a produtividade vegetal está diretamente relacionada com a atividade fotossintética e metabólica, dependentes, entre outros fatores, da disponibilidade hídrica e da luminosidade.

A baixa disponibilidade hídrica afeta negativamente o crescimento dos cultivos agrícolas e é a principal causa da redução da produtividade (PIMENTEL, 2004; FLEXAS et al., 2006). As plantas tendem a diminuir a perda de água pelo fechamento parcial dos estômatos, o que evita a redução do potencial da água na planta (ψ) em condições de déficit hídrico. Com valores em torno de -1,3 MPa, o alongamento celular é praticamente nulo (INMAN-BAMBER; JAGER, 1986), e o alongamento das folhas é

mais afetado pela falta de água do que o alongamento do colmo (INMAN-BAMBER, 2004; INMAN-BAMBER et al., 2008). A deficiência hídrica também causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas, e o grau dessas alterações é decorrente da intensidade do estresse hídrico e depende do genótipo (SMIT; SINGELS, 2006).

Conforme a fase fenológica, o déficit hídrico pode ter maior ou menor impacto na produtividade agrícola (RAMESH, 2000; PIMENTEL, 2004; INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Para fins de irrigação, o período de maior suscetibilidade ao déficit hídrico é o de rápido desenvolvimento da cultura, quando as plantas apresentam grande área foliar e necessitam de maior quantidade de água para a realização de troca de gases com a atmosfera (PIRES et al., 2008). Inman-Bamber e Smith (2005) relatam que a suscetibilidade da cana-de-açúcar à deficiência hídrica é maior quando as plantas estão na fase de alongamento dos colmos, o que causa sérios prejuízos na produção de fitomassa e no rendimento de sacarose (ROBERTSON et al., 1999; SILVA; COSTA, 2004). No entanto, Ramesh (2000) relata a alta demanda hídrica durante a fase de formação da cana-de-açúcar, que compreende os períodos de perfilhamento e de rápido crescimento e ocorre entre 60 e 150 dias após o plantio.

Porém, há variação genotípica em cana-de-açúcar quanto à tolerância ao déficit hídrico (SALIENDRA et al., 1996; INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; INMAN-BAMBER et al., 2005). Essa característica tem controle multigênico (RODRIGUES et al., 2010) e é expressa em diferentes níveis organizacionais celulares, que incluem desde respostas celulares até modificações morfológicas (PASSIOURA, 1997).

Com aumento considerável de área plantada nas regiões de escassez hídrica, será necessário maior uso da irrigação para atender a demanda evaporativa da cultura na região de cultivo (PIRES et al., 1995), todavia a agricultura irrigada, de maneira geral, incluindo a cana-de-açúcar tem sido questionada quanto ao uso eficiente e economicamente viável da água. INMAN-BAMBER (2004) afirma que períodos de seca ou restrição hídrica afetam negativamente o crescimento do dossel, podendo diminuir a emissão foliar causando redução de área foliar e crescimento de perfilhos. Dessa forma, pesquisas que objetivam o consumo consciente e economicamente viável de água, tornam-se importantes.

Considerando a importância do fator água, tanto do ponto de vista agrônomo como econômico e, segundo Maschio (2011) o fato de que a produtividade da água é ótimo indicador para análise e tomada de decisão por permitir avaliar a variação da razão entre produção e quantidade de água utilizada, o uso de irrigação com déficit torna-se uma alternativa interessante a ser realizada, principalmente em regiões que não dispõem de grande volume de água, tornando a irrigação imprescindível para garantia de produção.

O cultivo de cana plenamente irrigada em comparação com o plantio em sequeiro apresenta maior rendimento na produção de açúcar e álcool. No entanto a prática da irrigação deve ser cada vez mais planejada, já que a água é um recurso natural finito, podendo tornar-se escasso (WIEDENFELD, 2007).

2.6 Declividade e radiação solar

A declividade é uma variável geográfica que está presente na legislação brasileira como fator limitante ao uso agrícola. No sistema de capacidade de uso agrícola das terras (LEPSCH et al., 1991), níveis de declividade são relacionados diretamente à classe de intensidade de uso permissível, com pequenas nuances devidas a outros fatores, edafoclimáticos. Ela pode ser determinada diretamente no campo com instrumental topográfico ou através de mapas topográficos em formato analógico ou ainda através de MDT (modelo digital do terreno).

Como o Brasil possui grande extensão territorial, a cana-de-açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas e relevos, o que resulta em vários tipos de ambientes para a produção desta cultura (DIAS, 1997).

Nos últimos anos o aumento da área cultivada com cana-de-açúcar forçou o setor a buscar novas tecnologias, principalmente na mecanização da colheita devido à necessidade de maior agilidade no processo, a falta de mão-de-obra e o rigor das leis ambientais que proíbem a queima da palha para o corte manual (MAGALHÃES et al., 2006; LIONÇO, 2010).

Segundo Benedini e Conde (2008) não basta apenas possuir máquinas para colher a cana-de-açúcar, a colheita depende de um conjunto de sistematização cuidadoso na área de plantio, como nivelamento de terreno, tamanho de talhões,

retirada de materiais estranhos, locação de estradas e carregadores, sistema conservacionista e planejamento da sulcação.

Para viabilizar a implantação da colheita mecanizada é necessário redefinir os talhões que não devem ter declividade superior a 12%, pois esta declividade é limitante para as máquinas que estão no mercado. No entanto, futuramente venham a existir equipamentos que possibilitem trabalhar em declividades maiores. (MAGALHÃES et al., 2006; LIONÇO, 2010)

Superfícies com diferentes exposições e declividades recebem diferentes totais de radiação solar, a qual é o fator primário que condiciona os elementos climatológicos e fisiológicos relacionados ao crescimento e estabelecimento das culturas. A quantificação da radiação incidente em diversas situações e o entendimento de seu efeito no funcionamento de vários processos fisiológicos são fundamentais para estabelecer uma expectativa de produção vegetal e, também, para que se possam propor práticas de manejo que possibilitem o melhor aproveitamento deste e de outros recursos (COAN, 2008).

Os processos radiativos ocorrentes na superfície terrestre são de grande importância para a redistribuição de umidade e calor no solo e na atmosfera (BASTIAANSSEN et al., 1998). O conhecimento do balanço de radiação e seus componentes é fundamental na estimativa das perdas de água por superfícies vegetadas, sendo, dessa forma, útil para o planejamento de atividades agrícolas, como o cultivo da cana-de-açúcar. De um modo geral o balanço de radiação é obtido por saldo radiômetros instalados em estações de superfície, no entanto, estes instrumentos possuem um alto custo e são válidos somente para áreas com pequena dimensão (GOMES, 2009).

A interceptação da radiação solar pelas folhas de uma cultura resulta na atenuação da densidade de fluxo ao longo da altura das plantas, no sentido do topo para a base. Resultados de Allen et al. (1964) mostram que a densidade de fluxo dentro da cobertura vegetal (dossel) decresce exponencialmente em função do índice de área foliar acumulado de cima para baixo.

Ao ser interceptada pelo dossel, 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. Tais características

estão intimamente relacionadas com a disposição espacial das folhas, ângulo de inserção foliar, índice de área foliar e propriedades óticas da vegetação. As interações da radiação solar com as plantas condicionam o microclima interno da cobertura vegetal, e a quantidade e a qualidade da radiação disponível dentro do dossel afetam os processos fisiológicos das plantas (ORTOLANI; CAMARGO, 1987; MARCHIORI, 2004).

Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e cultivar para os específicos ambientes (solo e clima). Assim é possível explorar ao máximo o local de produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar (MAULE et al., 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal/SP, situada a 22°15'22" de latitude sul, 48°18'58" de longitude oeste, e altitude de 575 m, em uma estrutura denominada "Bacia Hidrográfica Experimental", descrita com detalhes por TURCO (1997). O clima da região, segundo a classificação de Köeppen é do tipo Cwa, isto é, subtropical com estiagem no inverno.

As bacias hidrográficas experimentais apresentam formas aproximadamente elípticas, sendo uma delas, bacias N-S, com eixo principal no sentido leste oeste, com 56 m de comprimento e eixo secundário com 14 metros. A outra bacia E-W, com eixo principal no sentido norte-sul, com 39 metros de comprimento e eixo secundário com 14 metros. O talvegue da bacia N-S, foi construído partindo de Leste, da mesma cota do divisor de águas, para Oeste, a uma cota de 2,35 m abaixo e no mesmo plano vertical que contém o eixo principal. Assim, foram definidas rampas com exposições

norte e sul. Sobre as rampas opostas foram construídos planos inclinados de 0° , $5^\circ 42'$, $11^\circ 18'$, $16^\circ 42'$, $21^\circ 48'$ e $26^\circ 34'$, dispostos simetricamente e espaçados de 3 m ao longo das linhas de mesmo nível. O talvegue da bacia E-W, foi construído partindo do Norte, da mesma cota do divisor de águas, para Sul, a uma cota 2,25 m abaixo e no mesmo plano vertical que contém o eixo principal. Desse modo, definiram-se rampas com exposições leste e oeste. Com critérios semelhantes aos adotados para a construção da bacia N-S, foram construídos planos inclinados de $5^\circ 42'$, $11^\circ 18'$, $16^\circ 42'$, $21^\circ 48'$ e $26^\circ 34'$. Sobre cada plano, de cada bacia, construíram-se paredes de alvenaria de tijolos, com 0-13 m de espessura, com revestimento de argamassa de cal-cimento-areia, definindo-se caixas com dimensões internas de 3 m, nos sentidos leste-oeste e norte-sul, 3,5 m ao longo da inclinação e 0,5 m de altura acima do solo. Ao longo da parede inferior de cada caixa, construiu-se internamente um sistema de drenagem com a finalidade de eliminar os eventuais excessos de água através de um condutor central orientado para o escoadouro principal da bacia. Toda a área das bacias, com exceção das caixas, foi plantada com grama batatais, e o sistema de drenagem definido de tal maneira que toda a água superficial escoasse diretamente para os talvegues. Estes escoadouros foram construídos em alvenaria, com pequenos ressaltos ao longo da declividade, com a finalidade de diminuir a velocidade da água durante as chuvas mais intensas. Em seus extremos, que coincidem com a cota mínima de cada bacia, construiu-se uma caixa coletora de 0,8 m x 0,8 m x 0,6 m, a partir da qual a água escoava livremente através de manilha para fora das bacias (TURCO, 1997). As Figuras 1 e 2 apresentam detalhes, bem como vistas gerais das bacias experimentais.

Nessa estrutura foi realizado o experimento no período de junho/2012 a maio/2013, utilizando superfícies, com os seguintes tratamentos: HI e HNI (superfícies na horizontal, com irrigação e sem irrigação, respectivamente), 10N, 20N, 30N, 40N e 50N (superfícies irrigadas com 10 a 50% de declividades, exposição norte), 10S, 20S, 30S, 40S e 50S (superfícies irrigadas com 10 a 50% de declividades, exposição sul), 10E, 20E, 30E, 40E e 50E (superfícies irrigadas com 10 a 50% de declividades, exposição leste), 10W, 20W, 30W, 40W e 50W (superfícies irrigadas com 10 a 50% de declividades, exposição oeste). O espaçamento entre as superfícies é de 2,80 m entre exposições e de 5,00 m entre declividades.



FIGURA 1. Bacia hidrográfica experimental (N-S). Jaboticabal, SP, 2012.



FIGURA 2. Bacia hidrográfica experimental (E-W). Jaboticabal, SP, 2012.

3.2. Características físicas e químicas do solo

O tipo de solo da área experimental é o LE1, Vermelho-Escuro, eutrófico, A moderado, caulínítico, hipoférico, textura argilosa, relevo suave ondulado (ANDRIOLI; CENTURION, 1999).

Foram realizadas amostragens de solo, calagem e adubação seguindo as recomendações do Boletim técnico 100 (1997) para a cultura da cana-de-açúcar.

3.3. Obtenção dos dados meteorológicos

Para a obtenção dos dados meteorológicos, foi instalada próxima à área experimental uma estação meteorológica automatizada da marca Davis Instruments. Nesta estação foram realizadas as seguintes medições: radiação solar global (sensor Standard- modelo 6450), temperatura e umidade do ar (sensor externo- modelo 7850), velocidade do vento (anemômetro Standard- modelo 7911) e precipitação pluviométrica (pluviômetro- modelo 7852).

3.4. Cultura utilizada

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB855453. Segundo Hoffmann (2008) a colheita da soqueira desta variedade deve ser feita nos meses de maio a junho, as características de destaque são a precocidade e alta concentração de açúcar, as canas são eretas e de excelente colheabilidade.

3.5. Instalação do experimento

Em 25 de fevereiro de 2011 foi realizado o plantio da cultura, onde foram depositados sete toletes por metro a uma profundidade de sulco de 30 cm, cobertura de cinco centímetros, buscando-se obter de 15 a 18 gemas.m⁻¹. Foram plantadas três linhas, com espaçamento de 1,40 metros.

O primeiro corte da cultura foi realizado aos 465 dias, ou 15,5 meses, após o plantio, no dia 04/06/2012, e o segundo corte, 349 dias, ou 11,6 meses, após o primeiro corte, no dia 17/05/2013.

Os dados objeto deste experimento são os da colheita do segundo corte, data de 17/05/2013. A cana-de-açúcar encontrava-se com 11,6 meses de idade fenológica.

3.6. Manejo da irrigação

A quantidade de água aplicada em cada superfície foi função dos valores da ET_0 , obtidos pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência foi calculada pela seguinte equação:

$$ET_0(PM) = \frac{0,409 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) V (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 V)} \quad (1)$$

Em que,

$ET_0(PM)$ = evapotranspiração de referência pelo método de PM (Penman-Monteith), em gramado, mm d^{-1} ;

R_n = radiação líquida, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

T = temperatura média do ar, $^{\circ}\text{C}$;

V = velocidade média do vento a 2 m de altura, m s^{-1} ;

$(e_s - e)$ = déficit de pressão de vapor, kPa ;

Δ = tangente à curva de pressão de vapor, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$;

γ = constante psicrométrica, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$, e

900 = fator de conversão.

Os valores foram corrigidos para cada superfície segundo a metodologia descrita por TURCO et al. (2012), que analisou e correlacionou o saldo de radiação incidente em diferentes superfícies, ajustando o modelo de Penman-Monteith para cada situação proposta.

Os valores de K_c para a cana-de-açúcar foram obtidos de acordo com Doorenbos e Kassam (1994).

Foi instalado no centro de cada superfície três tensiômetros a 20 cm de profundidade e três a 40 cm de profundidade. A irrigação foi realizada no final da tarde, com um turno de rega a cada três dias ou quando a soma da evapotranspiração da cultura foi de 50% do total de água disponível (CAD) (FARIAS et al., 2012), porém, durante o período avaliado não foi necessária a utilização.

A irrigação por gotejamento foi realizada com seis tubos, com gotejadores a cada 20 cm, em toda a sua extensão. O conjunto possuía uma vazão de 90 l.h⁻¹.

3.7.Radiação PAR

Para calcular a radiação solar nas superfícies estudadas, a partir da medida na horizontal, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Kondratyev (1977), descrita a seguir:

O fluxo de radiação solar direta sobre uma superfície inclinada, com orientação arbitrária (SS), pode ser expresso através do fluxo de radiação recebido por uma superfície normal aos raios solares, usando a equação:

$$S_s = S_m \cos i \quad (1)$$

em que,

S_m - fluxo de radiação solar recebido por uma superfície normal aos raios solares com presença da massa atmosférica (m);

i - ângulo de incidência dos raios solares numa determinada superfície inclinada.

O cosseno do ângulo de incidência dos raios é determinado pela equação:

$$\cos i = \cos \alpha \sinh + \sin \alpha \cosh \cos \psi \quad (2)$$

em que,

α - ângulo de inclinação da rampa em relação à horizontal;

h - ângulo de elevação solar;

$\psi - \psi\phi - \psi^n$;

$\omega\phi$ - azimute do sol;

ψ^n - azimute da projeção da normal à rampa.

Os ângulos de elevação e de azimute do sol são determinados pelas equações:

$$\sinh = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \Omega \quad (3)$$

$$\cos \psi \theta = \frac{\sinh \sin \phi - \sin \delta}{\cosh \cos \phi} \quad (4)$$

$$\sin \psi \theta = \frac{\cos \psi \sin \Omega}{\cosh} \quad (5)$$

em que,

ϕ - latitude do local;

δ - declinação do sol;

Ω - ângulo horário do sol em dado instante.

Considerando as equações (2) a (5), a equação (1) poderá ser escrita da seguinte maneira:

$$S_s = S_m \left\{ \cos \alpha \sinh + \sin \alpha \left[\cos \psi^n (tg \phi \sinh - \sin \delta \sec \phi) + \right] \right. \\ \left. + \sin \psi^n \cos \delta \sin \Omega \right\} \quad (6)$$

A equação (6) é a expressão geral para o cálculo da radiação solar instantânea recebida por terrenos com exposição determinada pelos ângulos α e ψ^n , para qualquer latitude " ϕ ", em qualquer momento do dia " Ω " e em qualquer época do ano " δ ".

Para o caso particular da superfície horizontal (H) do local ($\alpha = 0$), a equação (6), pode ser escrita:

$$SH = Sm \sinh \quad (7)$$

$$Sm = \frac{SH}{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \Omega} \quad (8)$$

Para o cálculo da radiação solar incidente em rampas com qualquer exposição, num dado instante, pode-se usar a equação (6), sob a seguinte forma:

$$\begin{aligned} Ss = & \frac{SH}{(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \Omega)} \\ & \{ \cos \alpha \sin \phi \sin \delta + \sin \alpha [\cos \psi n (tg \phi \sin \phi \sin \delta - \sin \delta \sec \phi)] + \\ & + \cos \Omega (\cos \alpha \cos \phi \cos \delta + \sin \alpha \cos \psi n \sin \phi \cos \delta) + \\ & + \sin \Omega \sin \alpha \cos \delta \sin \psi n \} \end{aligned} \quad (9)$$

ou, simplificando:

$$Ss = \frac{SH}{\sinh} (A1 + B1 \cos \Omega + C1 \sin \Omega) \quad (10)$$

em que,

$$A1 = \cos \alpha \sin \phi \sin \delta + \sin \alpha [\cos \psi n (tg \phi \sin \phi \sin \delta - \sin \delta \sec \phi)]$$

$$B1 = \cos \alpha \cos \phi \cos \delta + \sin \alpha \cos \psi n \sin \phi \cos \delta$$

$$C1 = \sin \alpha \cos \delta \sin \psi n$$

Foi estimada a radiação fotossinteticamente ativa incidente nas superfícies pela equação de GEROLINETO (2005), descrita a seguir:

$$PAR = -0,257 + 0,4237 Ss \quad (11)$$

em que,

PAR = radiação fotossinteticamente ativa, MJ.m⁻².dia⁻¹, e

Ss = radiação solar global incidente, MJ.m⁻².dia⁻¹.

3.8. Colheita e análise dos dados

No momento da colheita, 349 dias após o primeiro corte, foram pesadas três plantas da linha central das superfícies, com três repetições. O número de colmos da linha central foi contado em cada superfície analisada.

Para o cálculo da produtividade, as plantas foram pesadas e a produtividade calculada por peso total por metro, em três repetições. Os valores foram estimados para um hectare.

Após a pesagem, as plantas foram encaminhadas para o laboratório da Usina Santa Adélia S/A para a realização das análises químicas. Foram analisadas as seguintes variáveis:

FIBRA: A fibra corresponde à parte sólida da planta, formada por celulose, hemicelulose, ligninas, pectinas, pentosanas e outros componentes.

ATR: É o Açúcar Total Recuperável (ATR), expresso em quilogramas de açúcar por tonelada de cana, representando os açúcares presentes na matéria prima.

Com os valores das produtividades de cada parcela e quantidade de ATR por tonelada, estimou-se a quantidade de ATR, expressos em Kg, para um hectare.

Os resultados foram submetidos, no software estatísticos AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2011), à análise de variância e correlação. Para comparação de médias, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação ao longo do ano de cultivo podem ser observados na Figura 3. O acumulado das precipitações no período totalizou 1.236mm.

As irrigações mensais, corrigidas para cada superfície, segundo Turco et al. (2012) encontram-se na Tabela 1.

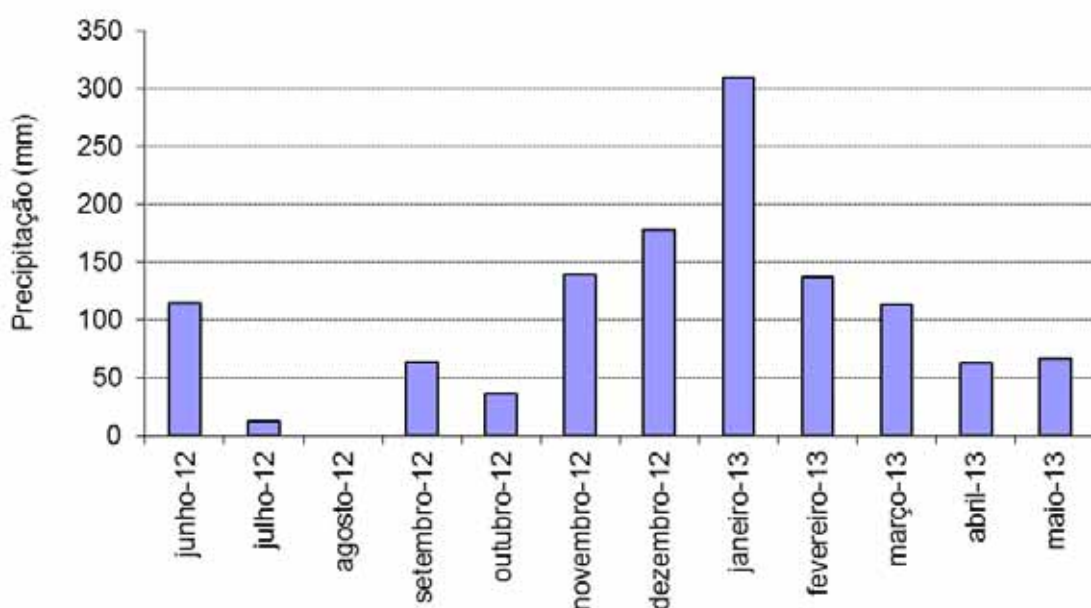


FIGURA 3. Precipitação mensal (mm) de junho/2012 a maio/2013.

TABELA 1. Irrigação mensal (mm) de junho/2012 a fevereiro/2013.

Mês	Tratamentos										H
	10N	10S	20N	20S	30N	30S	40N	40S	50N	50S	
jun/12	2,5	1,8	2,6	1,6	2,7	1,3	2,8	1,1	2,9	0,8	2,2
jul/12	40,6	29,3	42,6	25,3	44,5	21,4	46,4	17,4	48,3	13,5	36,7
ago/12	52,7	38,4	55,2	33,3	57,6	28,2	60,0	23,1	62,4	18,0	47,8
set/12	48,9	37,2	50,4	33,3	52,0	29,4	53,7	25,5	55,4	21,5	45,0
out/12	56,0	50,1	54,6	49,3	53,2	48,6	51,8	47,8	50,4	47,1	54,7
nov/12	112,6	100,5	109,8	99,0	106,9	97,5	104,1	96,0	101,2	94,4	110,1
dez/12	100,2	88,9	97,6	87,5	94,9	86,0	92,2	84,5	89,6	83,1	97,9
jan/13	52,9	46,9	51,5	46,1	50,1	45,4	48,7	44,6	47,3	43,8	51,7
fev/13	7,4	6,6	7,2	6,4	7,0	6,3	6,8	6,2	6,6	6,1	7,2
Soma	473,9	399,6	471,3	381,8	468,8	364,0	466,5	346,2	464,1	328,4	453,3

4.1. Número de colmos por metro linear

Os resultados da análise de variância e comparação de médias de número de colmos por metro encontram-se na Tabela 2 e, na Figura 5 apresentam-se os valores das médias do número de colmos por metro para comparação de exposição (N, S, E, W), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

Houve diferenças significativas tanto para a exposição e declividade quanto para a interação entre exposição e declividade. A presença de irrigação influenciou

significativamente um aumento no número de colmos por metro, observou-se a média de 13 colmos por metro na presença da irrigação (HI).

Entre exposições as maiores médias foram encontradas na exposição oeste e entre declividades as maiores médias foram 20 e 40% de declividade.

As menores médias da exposição oeste foram para as declividades de 10 e 30%, sendo que as mesmas não diferiram significativamente.

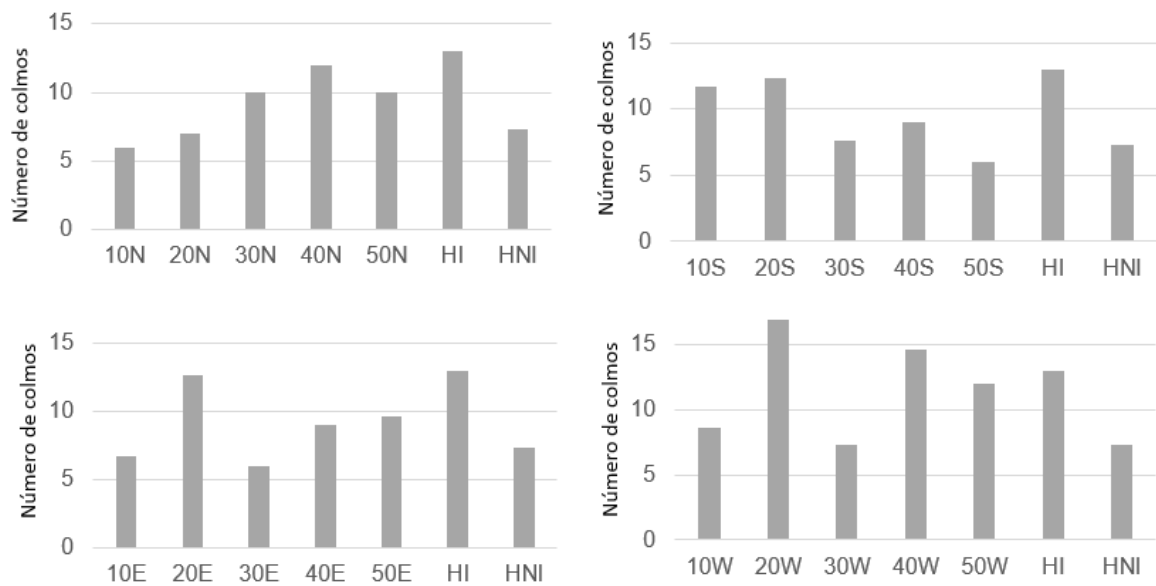


FIGURA 5. Médias de número de colmos no momento da colheita, 349 dias após o primeiro corte, submetidas a diferentes exposições e declividades.

TABELA 2. Análise de variância (quadrados médios) e médias de número de colmos, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2012/2013.

Causas da Variação	Dados da Colheita	Causas da Variação	Dados da Colheita
Exposição (A)	17,91 **	Norte-10%	6,00b
Declividade (B)	24,53**	Sul-10%	11,66a
Interação A x B	12,18**	Leste-10%	6,66b
Entre Trat. Adic. (I x NI)	26,94**	Oeste-10%	8,66b
C.V.(%)	13,63	Norte-20%	7,00c
Média Geral	9,80	Sul-20%	12,33b
Média Tratamentos Adic.	10,16	Leste-20%	12,66b
Exposição Norte	9,00b	Oeste-20%	17,00a
Exposição Sul	9,33b	Norte-30%	10,00a
Exposição Leste	8,80b	Sul-30%	7,66ab
Exposição Oeste	11,93a	Leste-30%	6,00b
Declividade de 10%	8,25bc	Oeste-30%	7,33ab
Declividade de 20%	12,25a	Norte-40%	12,00a
Declividade de 30%	7,75c	Sul-40%	9,00b
Declividade de 40%	11,16a	Leste-40%	9,00b
Declividade de 50%	9,41b	Oeste-40%	14,66a
Declividade 0%- Irrigado	13,00a	Norte-50%	10,00a
Declividade 0%- Não Irrigado	7,33b	Sul-50%	6,00b
		Leste-50%	9,66a
		Oeste-50%	12,00a
		Norte- 10%	6,00c
		Norte- 20%	7,00bc
		Norte- 30%	10,00ab
		Norte- 40%	12,00a
		Norte- 50%	10,00ab
		Sul- 10%	11,66ab
		Sul- 20%	12,33a
		Sul- 30%	7,66c
		Sul- 40%	9,00bc
		Sul- 50%	6,00c
		Leste- 10%	6,66bc
		Leste- 20%	12,66a
		Leste- 30%	6,00c
		Leste- 40%	9,00bc
		Leste- 50%	9,66ab
		Oeste- 10%	8,66c
		Oeste- 20%	17,00a
		Oeste- 30%	7,33c
		Oeste- 40%	14,66ab
		Oeste- 50%	12,00b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2. Massas das parcelas

Os resultados da análise de variância e comparação de médias das massas das parcelas encontram-se na Tabela 3 e, na Figura 6 apresentam-se os valores das médias das massas das parcelas para comparação de exposição (N, S, E, W), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

Houve diferenças significativas tanto para a exposição e declividade quanto para a interação entre exposição e declividade. A presença de irrigação influenciou significativamente o aumento da massa das parcelas.

Para a variável exposição, as maiores médias de massa das parcelas foram encontradas na exposição oeste. No desdobramento da interação A x B, na exposição oeste, as declividades de 10,20 e 40% apresentaram as maiores médias não diferindo entre si significativamente.

Entre declividades, os tratamentos de 20% e 30% obtiveram as maiores médias. Na declividade de 20% as piores médias foram para a exposição sul. A 30% de declividade todas as médias observadas não diferiram significativamente entre si.

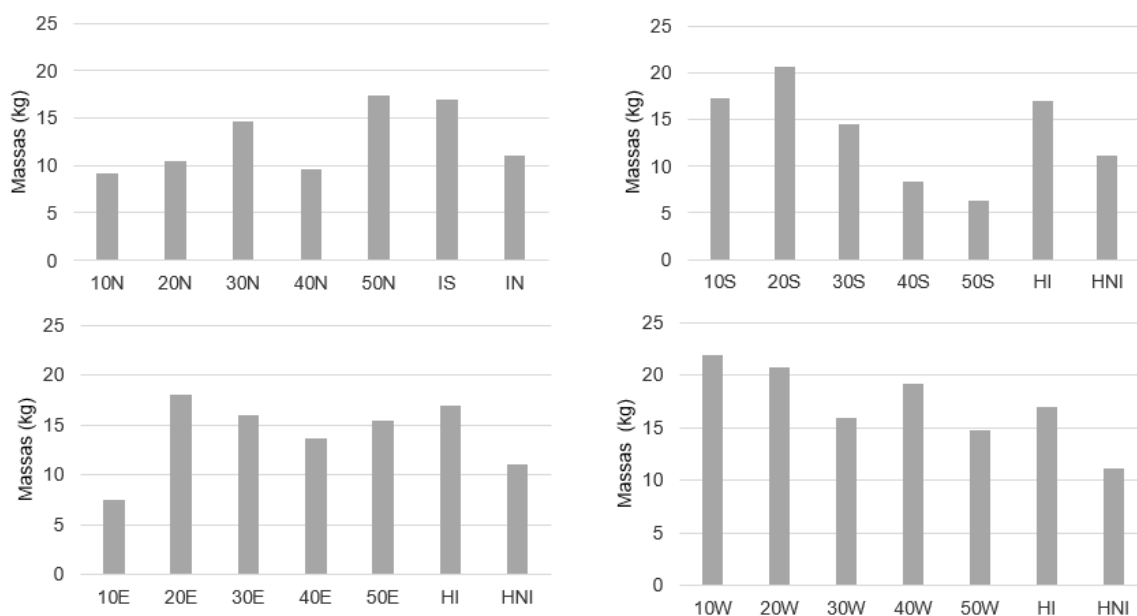


FIGURA 6. Médias das massas das parcelas (Kg) no momento da colheita, 349 dias após o primeiro corte, submetidas a diferentes exposições e declividades.

TABELA 3. Análise de variância (quadrados médios) e médias da massa das parcelas (Kg), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2012/2013.

Causas da Variação	Dados da Colheita
Exposição (A)	16,36**
Declividade (B)	6,18**
Interação A x B	8,98**
Entre Trat. Adic. (I x NI)	7,63**
C.V.(%)	17,94
Média Geral	14,51
Média Tratamentos Adic.	13,99
Exposição Norte	12,24b
Exposição Sul	13,44b
Exposição Leste	14,10b
Exposição Oeste	18,48a
Declividade de 10%	13,94b
Declividade de 20%	17,47a
Declividade de 30%	15,25ab
Declividade de 40%	12,71b
Declividade de 50%	13,46b
Declividade 0%- Irrigado	16,93a
Declividade 0%- Não Irrigado	11,06b

Causas da Variação	Dados da Colheita
Norte-10%	9,12b
Sul-10%	17,29a
Leste-10%	7,43b
Oeste-10%	21,93a
Norte-20%	10,41b
Sul-20%	20,67a
Leste-20%	18,06a
Oeste-20%	20,75a
Norte-30%	14,61a
Sul-30%	14,52a
Leste-30%	16,01a
Oeste-30%	15,86a
Norte-40%	9,67b
Sul-40%	8,42b
Leste-40%	13,65ab
Oeste-40%	19,12a
Norte-50%	17,39a
Sul-50%	6,33b
Leste-50%	15,37a
Oeste-50%	14,74a
Norte- 10%	9,12b
Norte- 20%	10,41b
Norte- 30%	14,61ab
Norte- 40%	9,67b
Norte- 50%	17,39a
Sul- 10%	17,29ab
Sul- 20%	20,67a
Sul- 30%	14,52b
Sul- 40%	8,42c
Sul- 50%	6,33c
Leste- 10%	7,43b
Leste- 20%	18,06a
Leste- 30%	16,01a
Leste- 40%	13,65a
Leste- 50%	15,37a
Oeste- 10%	21,93a
Oeste- 20%	20,75ab
Oeste- 30%	15,86b
Oeste- 40%	19,12ab
Oeste- 50%	14,74b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3. Produtividade

Aos 349 dias após o primeiro corte, foi realizada a colheita, pesagem e cálculo da produtividade para todas as superfícies inclinadas, com três repetições. Os resultados da análise de variância e comparação de médias da produtividade encontram-se na Tabela 4.

Houve interação entre exposição e declividade. A exposição da parcela influenciou significativamente o aumento da produtividade.

A exposição oeste influenciou significativamente um aumento da produtividade em relação às demais exposições. Para esta exposição as declividades de 10, 20 e 40% obtiveram as maiores médias, não diferindo significativamente entre si.

Entre declividades, os tratamentos de 20 e 30% obtiveram as maiores médias, tendência esta já observada para a variável massa das parcelas.

Na Figura 7 apresentam-se os valores das médias da produtividade para comparação de exposição (N, S, E, W), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

A presença da irrigação influenciou significativamente o crescimento na superfície HI, com uma produtividade de $112,93 \text{ t.ha}^{-1}$, Mazaron (2013) em estudos feitos com cana planta, constatou que a presença da irrigação também influenciou significativamente o crescimento na superfície HI, com uma produtividade de $140,00 \text{ t.ha}^{-1}$.

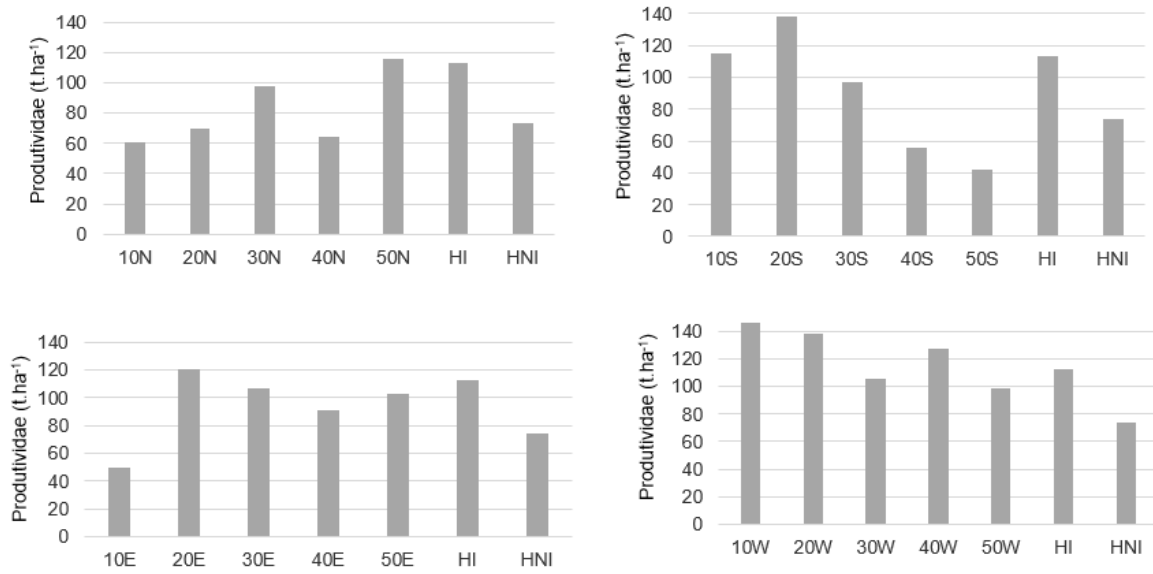


FIGURA 7. Médias das produtividades (t.ha⁻¹) nas diferentes exposições e declividades.

TABELA 4. Análise de variância (quadrados médios) e médias das produtividades (t.ha^{-1}), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2012/2013.

Causas da Variação	Dados da Colheita	Causas da Variação	Dados da Colheita
Exposição (A)	16,37**	Norte-10%	60,80b
Declividade (B)	6,18**	Sul-10%	115,26a
Interação A x B	8,99**	Leste-10%	49,56b
Entre Trat. Adic. (I x II)	4,65**	Oeste-10%	115,26a
C.V.(%)	17,93	Norte-20%	69,46b
Média Geral	96,79	Sul-20%	137,86a
Média Tratamentos Adic.	93,33	Leste-20%	120,40a
Exposição Norte	81,61b	Oeste-20%	138,33a
Exposição Sul	89,66b	Norte-30%	97,40a
Exposição Leste	94,04b	Sul-30%	96,83a
Exposição Oeste	123,22a	Leste-30%	106,76a
Declividade de 10%	92,96b	Oeste-30%	105,76a
Declividade de 20%	116,51a	Norte-40%	64,46b
Declividade de 30%	101,69ab	Sul-40%	56,10b
Declividade de 40%	84,75b	Leste-40%	91,00ab
Declividade de 50%	89,75b	Oeste-40%	127,46a
Declividade 0%- Irrigado	112,93a	Norte-50%	115,93a
Declividade 0%- Não Irrigado	73,73b	Sul-50%	42,26b
		Leste-50%	102,50a
		Oeste-50%	98,33a
		Norte- 10%	60,80b
		Norte- 20%	69,46b
		Norte- 30%	97,40ab
		Norte- 40%	64,46b
		Norte- 50%	115,93a
		Sul- 10%	115,26ab
		Sul- 20%	137,86a
		Sul- 30%	96,83b
		Sul- 40%	56,10c
		Sul- 50%	42,26c
		Leste- 10%	49,56b
		Leste- 20%	120,40a
		Leste- 30%	106,76a
		Leste- 40%	91,00ab
		Leste- 50%	102,50a
		Oeste- 10%	146,23a
		Oeste- 20%	138,33ab
		Oeste- 30%	105,76b
		Oeste- 40%	127,46ab
		Oeste- 50%	98,33b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.4. Produtividade comparada à radiação PAR

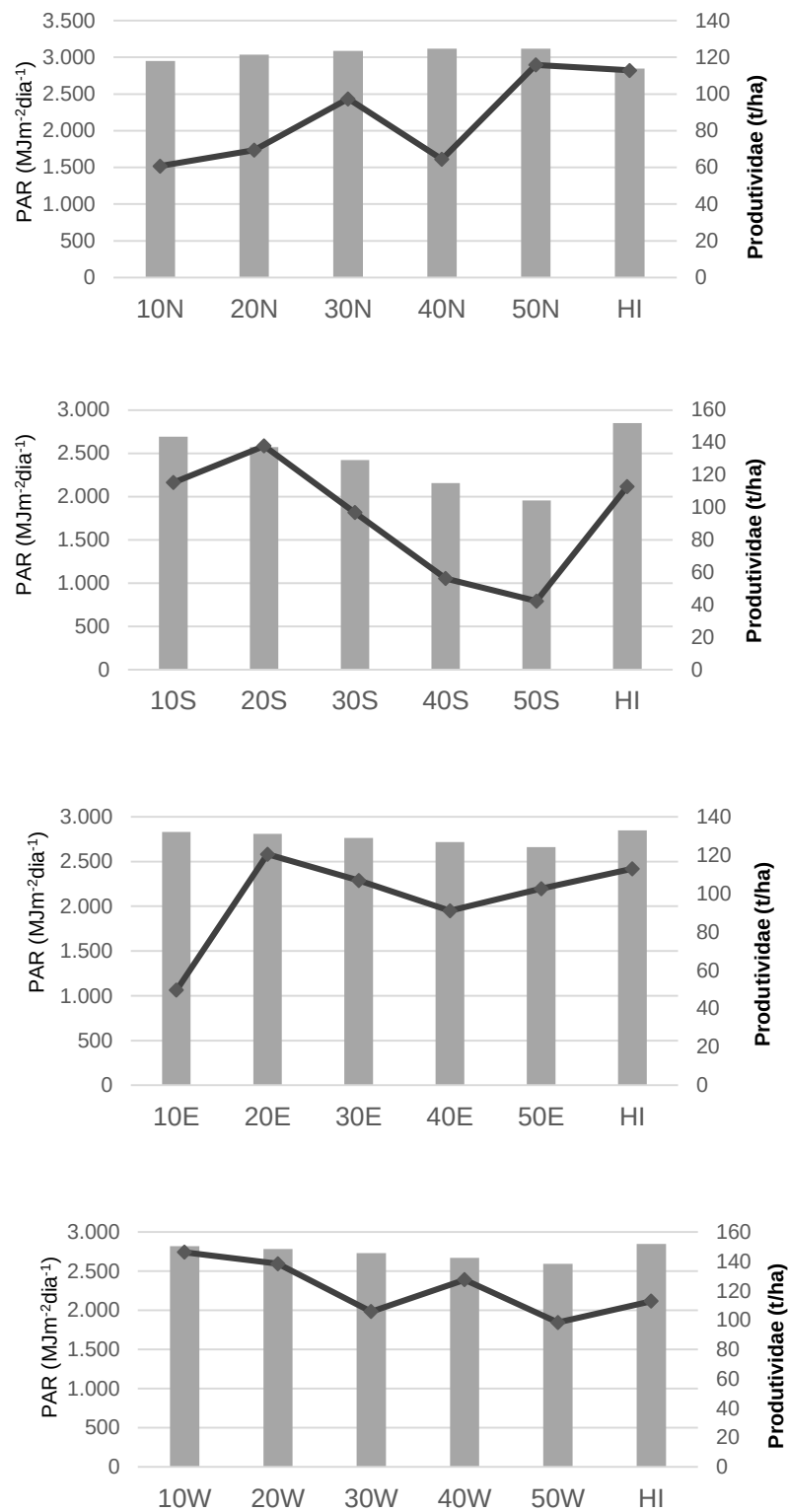


FIGURA 8. Comparação entre produtividade (t/ha) e Radiação PAR (MJ.m⁻².dia⁻¹) para as diferentes exposições e declividades.

A Figura 8 demonstra o comportamento da produtividade em função da radiação PAR acumulada durante todo ciclo.

Observa-se uma queda da radiação PAR nas diferentes exposições, exceto na exposição oeste, que, para todas as declividades, manteve um acúmulo de radiação constante.

Fato esse que pode explicar o efeito positivo da exposição oeste para as variáveis estudadas, número de colmos por metro, massa da parcela e produtividade.

Mazaron (2013), Coan et al. (2012), Ferreira Junior et al. (2012), Barbosa (2012) e Silva et al. (2011), observaram que a radiação PAR apresenta efeito positivo na produção das culturas estudadas, porém a exposição norte foi a exposição que refletiu em maiores produções nas culturas.

4.5. Açúcar total recuperável (ATR) e Fibra

Após a colheita o material de todos os tratamentos foi encaminhado ao laboratório de análises químicas da Usina Santa Adélia, localizado na cidade de Jaboticabal, SP.

Foram analisados os valores de ATR e fibra. Os resultados da análise de variância dos dois parâmetros e comparação de médias se encontram nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Houve interação entre declividades e exposições para as duas variáveis analisadas.

Para o ATR os valores foram significativamente influenciados pela declividade e pela exposição. Para o fator exposição, os tratamentos norte e oeste apresentaram as maiores médias e, para o fator declividade, o tratamento de 20% apresentou as maiores médias.

Na exposição norte com declividade de 40% e na exposição oeste com 20 e 50% de declividades observou-se as maiores médias de ATR.

Na declividade de 20% a exposição leste apresentou as maiores médias.

Com relação à irrigação, sua presença mostrou-se favorável significativamente ao maior valor de ATR.

A Figura 9 mostra os valores das médias de ATR comparando as exposições em cada declividade.

Para a fibra os valores foram significativamente influenciados pela declividade e pela exposição, sendo a última maior na exposição sul. Os dados corroboram com Fernandes (2000), que encontrou influência do clima e do solo nos teores de fibra.

A Figura 10 mostra os valores das médias de fibra comparando as exposições em cada declividade. Para todas as declividades estudadas os valores de fibra não diferiram significativamente entre si.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem irrigação.

Analisando os dados de ATR e fibra é possível afirmar que houve influência da exposição e declividade, verificando um diferente ponto de maturação em cada tratamento.

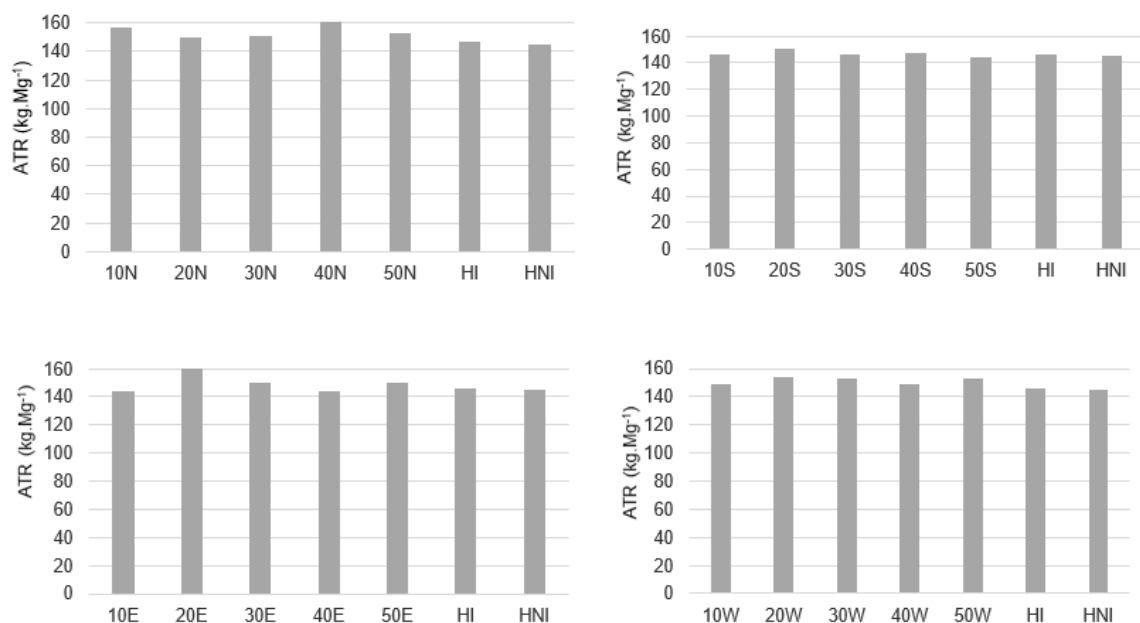


FIGURA 9. Médias dos valores de ATR nas diferentes exposições e declividades.

TABELA 5. Análise de variância (quadrados médios) e médias dos valores de ATR (Kg.Mg⁻¹), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2012/2013.

Causas da Variação	Dados da Colheita	Causas da Variação	Dados da Colheita
Exposição (A)	21,68**	Norte-10%	156,86a
Declividade (B)	330,25**	Sul-10%	146,24b
Interação A x B	425,86**	Leste-10%	143,80b
Entre Trat. Adic. (I x II)	229,29**	Oeste-10%	149,23b
C.V.(%)	0,03	Norte-20%	150,23b
Média Geral	150,73	Sul-20%	151,01b
Média Tratamentos Adic.	145,84	Leste-20%	160,30a
Exposição Norte	154,33a	Oeste-20%	154,46b
Exposição Sul	147,10b	Norte-30%	150,96a
Exposição Leste	149,59b	Sul-30%	146,55b
Exposição Oeste	151,87a	Leste-30%	149,87ab
Declividade de 10%	149,03b	Oeste-30%	152,92a
Declividade de 20%	154,00a	Norte-40%	160,69a
Declividade de 30%	150,07b	Sul-40%	147,03b
Declividade de 40%	150,38b	Leste-40%	144,34b
Declividade de 50%	150,14b	Oeste-40%	149,46b
Declividade 0%- Irrigado	146,45a	Norte-50%	152,91a
Declividade 0%- Não Irrigado	145,24b	Sul-50%	144,70b
		Leste-50%	149,67b
		Oeste-50%	153,28a
		Norte- 10%	156,86b
		Norte- 20%	150,23c
		Norte- 30%	150,96c
		Norte- 40%	160,69a
		Norte- 50%	152,91b
		Sul- 10%	146,24b
		Sul- 20%	151,01a
		Sul- 30%	146,55b
		Sul- 40%	147,03b
		Sul- 50%	144,70b
		Leste- 10%	143,80b
		Leste- 20%	160,30a
		Leste- 30%	149,87b
		Leste- 40%	144,34b
		Leste- 50%	149,67b
		Oeste- 10%	149,23c
		Oeste- 20%	154,46a
		Oeste- 30%	152,92b
		Oeste- 40%	149,46c
		Oeste- 50%	153,28a

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

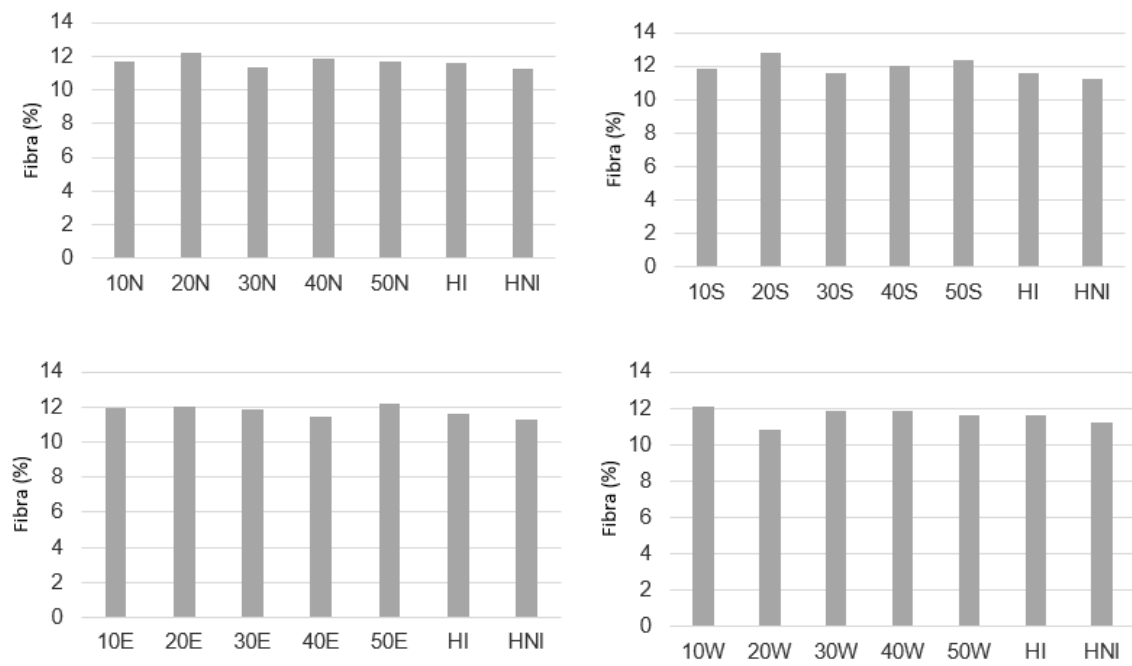


FIGURA 10. Médias dos valores de fibra nas diferentes exposições e declividades.

TABELA 6. Análise de variância (quadrados médios) e médias dos valores de fibra, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2012/2013.

Causas da Variação	Dados da Colheita	Causas da Variação	Dados da Colheita
Exposição (A)	261,08**	Norte-10%	11,69b
Declividade (B)	22,75**	Sul-10%	11,85b
Interação A x B	70,69**	Leste-10%	11,94b
Entre Trat. Adic. (I x NI)	0,9 ^{ns}	Oeste-10%	12,08a
C.V.(%)	0,03	Norte-20%	12,18b
Média Geral	11,85	Sul-20%	12,78a
Média Tratamentos Adic.	11,42	Leste-20%	12,03b
Exposição Norte	11,74b	Oeste-20%	10,82c
Exposição Sul	12,13a	Norte-30%	11,35b
Exposição Leste	11,89b	Sul-30%	11,62b
Exposição Oeste	11,64b	Leste-30%	11,88a
Declividade de 10%	11,89a	Oeste-30%	11,84a
Declividade de 20%	11,95a	Norte-40%	11,83a
Declividade de 30%	11,67a	Sul-40%	12,02a
Declividade de 40%	11,78a	Leste-40%	11,44b
Declividade de 50%	11,97a	Oeste-40%	11,83a
Declividade 0%- Irrigado	11,59a	Norte-50%	11,66b
Declividade 0%- Não Irrigado	11,26b	Sul-50%	12,39a
		Leste-50%	12,19a
		Oeste-50%	11,64b
		Norte- 10%	11,69b
		Norte- 20%	12,18a
		Norte- 30%	11,35b
		Norte- 40%	11,83b
		Norte- 50%	11,66b
		Sul- 10%	11,85b
		Sul- 20%	12,78a
		Sul- 30%	11,62c
		Sul- 40%	12,02b
		Sul- 50%	12,39a
		Leste- 10%	11,94b
		Leste- 20%	12,03a
		Leste- 30%	11,88b
		Leste- 40%	11,44b
		Leste- 50%	12,19a
		Oeste- 10%	12,08a
		Oeste- 20%	10,82a
		Oeste- 30%	11,84a
		Oeste- 40%	11,83a
		Oeste- 50%	11,64a

^{ns} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.6. Açúcar total recuperável (ATR) por unidade de área (hectare)

Com os valores de produtividade (t.Mg^{-1}) e ATR (Kg.Mg^{-1}) foram determinados os valores de ATR.ha^{-1} . Este número expressa a quantidade de ATR produzida em um hectare, sendo que, quanto maior o valor maior é o ganho comercial da área.

A exposição oeste apresentou as maiores médias, consequência dos maiores ganhos (t.ha^{-1}) e ATR.

A presença da irrigação influenciou significativamente o acúmulo de ATR.ha^{-1} , com uma diferença entre os tratamentos de $5.826 \text{ kg de ATR.ha}^{-1}$.

As exposições norte e sul apresentaram as menores médias não diferindo significativamente entre si.

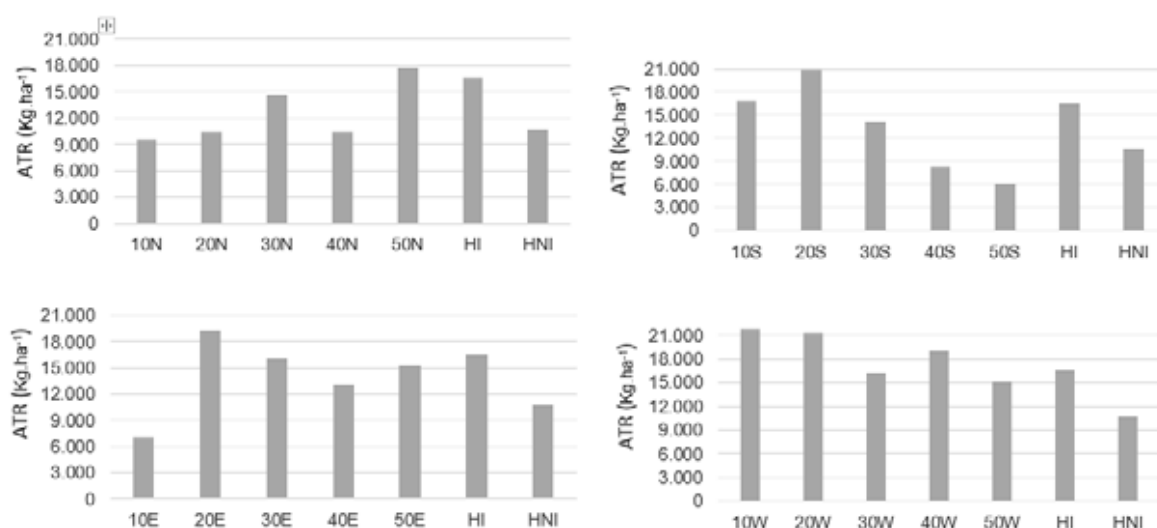


FIGURA 11. Médias dos valores de ATR.ha^{-1} nas diferentes exposições e declividades.

5.CONCLUSÃO

A produção de cana-de-açúcar (variedade RB 855453) foi influenciada significativamente pela exposição, sendo favorecida na exposição oeste.

A presença de irrigação mostrou-se eficiente em alterar a produção e Kg de ATR.ha⁻¹, gerando um ganho de 5826 kg de ATR.ha⁻¹ quando comparada a parcela não irrigada

O ATR foi influenciado significativamente pelas declividades e exposições, mostrando a interferência no ponto de maturação. Os maiores valores de ATR ocorreram nas exposições norte e oeste.

6.REFERÊNCIAS

ALLEN, L.H.; YOCUM, CS.; LEMON, E.R. **Photosynthesis under Field conditions. VII. Radiant energy exchanges within a corn canopy and implications in water use efficiency.** Agronomy Journal, 36:253-259, 1964.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27.; 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD-ROM.

BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (Saccharum spp.): um modelo matemático-fisiológico de estimativa.** 1993. 140p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 1993.

BARBIERI, V. **Medidas e estimativa de consumo hídrico em cana de açúcar.** 1981. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos**, Versão 1.1.0.626, 2011

BASTIAANSEN, W. G. M; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSAG, A. A. M. **A remote sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): formulation.** Journal of Hydrology, v. 212-213, n. 1-4, p. 198-212, 1998.

BENEDINI, M.S.; CONDE, A.J. **Sistematização de área para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. Revista Coplana, Guariba, SP, 2008, n. 53, p. 23 – 25.

BENINCASA, M. **Efeitos de rampas com diferentes declividades e exposições Norte e Sul de uma bacia hidrográfica sobre o microclima e produtividade biológica do *Sorghum bicolor* (L.) Moench**. Jaboticabal, 1976. 103 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1976.

BOLETIM TÉCNICO 100. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed, 285p. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.

CENTEC. **Produtor de cana-de-açúcar**. Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Rev. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 64p., Ed.2, 2004.

CIB -CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia da Cana-de-açúcar** – Avanço Científico Beneficia o País. Setembro, 2009.

COAN, R. M. **Crescimento da grama-esmeralda em diferentes exposições e declividades**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual PaulistaJúlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2008.

COAN, R. M. et al. Emerald zoyzia grass development regarding photosynthetically active radiation in different slopes. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, jun. 2012 . Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162012000300009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 30 nov. 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Cana-de-açúcar - Terceiro Levantamento**, Brasília: p. 1-15, dez. 2013.

CONSECANA. CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Manual de Instruções**. Piracicaba, 2006.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. **Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial**. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 3, Sept. 2008.

DIAS, F.L.F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo**. 1997. 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de: GHEYI, H.R.; SOUZA, A.A. de; DAMASCO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F. Campina Grande: UFPB, 1994. p.220-6 (Boletim, 33).

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2011. Agência de Informação Embrapa: Cana-de-açúcar. Fonte consultada: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/Abertura.html>. Acesso em 24 abr. 2013.

FARIAS, M. T.; TURCO, J.E.; FERNANDES, E.J.; GUIRRA, A.M. Resposta produtiva do feijoeiro comum a diferentes manejos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 137-147, abril - junho, 2012.

FERREIRA JUNIOR, R. A. et al. Crescimento e fotossíntese de cana-de-açúcar em função de variáveis biométricas e meteorológicas. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 11, Nov. 2012. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012001100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 04 dez. 2012.

FREITAS, C.E. **Qualidade da matéria prima. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**. 2007, Brasília, DF. Anais.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Ed.). *Crop-water relations*. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479

GEROLINETO, E. **Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa no município de Jaboticabal – SP**. 2005. 47 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

GOMES, H. B. **Balancos de radiação e energia em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no Estado de São Paulo mediante imagens orbitais**. 2009. 108 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

GOUVÊA, F. R. J. **Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP**. Tese - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008

HOFFMANN, P.H. Variedades RB de Cana-de-açúcar. In: **Variedades RB**. 1.ed. Araras: CCA/ UFSCar, 2008, p.24.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola. Setembro de 2014. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default_publica/completa.shtm. Acesso em 20 out. 2014.

IDE, B. Y.; OLIVEIRA, M. A. DE. **Efeito do clima na produção da cana-de-açúcar**. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 3, Piracicaba, 1986. Anais... São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p.573-583.

INMAN-BAMBER, N. G. **Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off**. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 89, p. 107–122, 2004.

IRVINE, J.E.; BENDA, G.T.A.; RICHARD, C.A. **Sugar cane spacing I. Historical and theoretical aspects**. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF

JADOSKI, C.J.; TOPPA, B.E.V.; JULIANETTI, A.; HULSBOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; **Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar**, Pesquisa aplicada e agrotecnologia, v3, n2 Mai-Ago 2010.

KOHLHEPP, Gerd. **Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. Estud. av. São Paulo, v. 24, n. 68, 2010.

KONDRATYEV, K.Y. Radiation regime of inclined surfaces. Genebra, Suécia. In: **World Meteorological Organization**, 1977. 82p. (Technical note, n.152).

LEPSCH, I.F.; BELINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4a aproximação do manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LIONÇO, E., BRESSAN, J., SILVA, C. M. **Sistematização da área para implantação da colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. Campo Digit@l, v.5, n.1, p.20-25, Campo Mourão, dez., 2010.

LOPES, L. R. **Efeitos da topografia sobre a variação da radiação solar incidente, temperatura do solo e produção de *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv.Coastcross I**. 1986. 103 f.Tese (Livre-Docência) -Faculdade de Ciências Agrárias Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1986.

LYRA, G. B. **Avaliação agroclimatológica do desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas**. 2010. Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Engenharia Agrícola.

MACHADO, E.C; P., A.R; CAMARGO, M.B.P; FAHL, J.I. Relações radiométricas de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.44, n.1, p.229 - 238, 1985

MAGALHÃES, P. S.; GRAZIANO et. al. **Workshop de colheita de Cana-de-açúcar e palha para produção de etanol**, 2006.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar**. 2004. 275f. Tese - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004

MARIN, F.R. et al. 2007. **Efeito das mudanças climáticas sobre a aptidão climática para cana-de-açúcar no Estado de São Paulo**. In: Congr. Bras. Agrometeor., 15. Anais... Aracaju: Embrapa/SB Agro, 2007.

MARIN, F.R. et al. 2011. **Árvore do conhecimento cana-de-açúcar**. Ageitec

MASCHIO, R. **Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar**. 2011. 87 f. Tese (Mestrado em Ciências: Irrigação e Drenagem)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade do Estado de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MATSUOKA, S. **Relatório anual do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar**. Araras, UFSCar, CCA, DBV, 2000.

MAULE, R.F.; MAZZA, J.A.; MARTHA JUNIOR, G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, v.58, p.295-301, 2001.

MAZARON, B. H. S. **Crescimento da cana-de-açúcar em superfícies irrigadas, com diferentes exposições e declividades**. Dissertação (Mestrado) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2013.

NÓBREGA, J. C. M; DORNELAS, M. C. **Biotecnologia e melhoramento da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP: Prol Editora Gráfica, 2006. p.39-56.

OLIVEIRA, E. C. A. de et al. **Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 14, n. 9, Sept. 2010 .

ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; LOPES, L. R.; LATANZE, R. J. Bacia Hidrográfica: I – um equipamento para estudo das relações solo-planta-clima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16., Jundiaí, 1987.**Anais...**, p. 646.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. **Influência dos fatores climáticos na produção**. In: Castro, P.R.C.; Ferreira, S.O.; Yamada, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fósforo, 1987, p.71-81

PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Fundação Cargil, Campinas – SP, v. 1, 1987, 431p.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guariba: Ed. Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, A.R. **Previsão do florescimento em cana-de-açúcar**. Comunicação da Pesquisa Agropecuária, v.3, n.6, p.15-16, 1985.

PEREIRA, K.F.A. Quatrocentos e setenta anos de açúcar no Brasil. In: Brasil Açucareiro, Rio Janeiro, v.80, n.2, p.113-121, 1972.

PIRES, R.C. de M.; ARRUDA, F.B. **Lâmina adicional de irrigação**. Bragantia, v.54, n.1, p.201-207, 1995.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociência, 1995. 101 p. Apostila.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como Matéria-prima para a Produção de Biocombustíveis: Impactos Ambientais e o Zoneamento Agroecológico como Ferramenta para Mitigação**. 2010. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

SACHS, R.; MARTINS, V. A. **Análise da cultura da cana-de-açúcar, por Escritório de Desenvolvimento Rural**, Estado de São Paulo, 1995-2006. Informações Econômicas, São Paulo, v. 37, n. 9, p. 41-52, set. 2007.

SANTOS, V. R. **Crescimento e produção de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo**. 2006. 88f. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2006.

SEGATO, S. V; PINTO. A. S. de; JENDIROBA. E; NÓBREGA. J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP. ND-LIVROCERES, 2006.

SILVA, M.A., ARANTES, M.T., RHEIN, A.F.L., GAVA, G. J. C., KOLLNS, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 18, n.3, p-241-249, 2014. Campina Grande.

SILVA, T. J. A. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de maracujazeiros determinados pelo método do balanço de radiação e lisimetria de pesagem hidráulica**. 2005. 113 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

STUPIELLO, J.P. **A cana-de-açúcar como matéria-prima**. In: PARANHOS, S.B. Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização. v.2. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana de açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade Estadual Paulista, Piracicaba, 2006.

TAVARES, A.C.S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009, 220 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade Estadual Paulista, Piracicaba, 2009.

TOWNSEND, C. R. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia**. Embrapa. Rondônia, nº21, nov/2000, p. 1-5.

TURCO, J. E. P. **Modelo de crescimento da planta de soja para terrenos com diferentes exposições e declividades**. 1997. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

TURCO, J. E. P.; RIZZATTI, G. S.. Avaliação de modelo matemático para estimar a radiação solar incidente sobre superfícies com diferentes exposições e declividades. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, abr. 2006 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162006000100028&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 04 dez. 2012

TURCO, J. E.; MILANI, A. P.; FERNANDES, E. J. Adequacy of the Penman-Monteith method to irrigated surfasse with diferente exposures and declivity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING. CIGR – AGENG 2012, 2012, Valencia. **Anais...**

UNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. Agricultura – **Política estratégica: Cana-de-açúcar e etanol**. 2012. 36p.

UNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Evolução do preço médio do ATR no Estado de São Paulo**. 2012.

WIEDENFELD, B. **Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production**. Agricultural water management. Amsterdam. (2007).:10.1016/j.agwat.2007.10.004