

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

**INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE E EXPOSIÇÃO NO
DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.)**

**Jean Lucas Pereira Oliveira
Engenheiro Agrônomo**

2020

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

**INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE E EXPOSIÇÃO NO
DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.)**

Jean Lucas Pereira Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2020

O48i Oliveira, Jean Lucas Pereira
Influência da declividade e exposição no desenvolvimento do milho
(Zea mays L.) / Jean Lucas Pereira Oliveira. -- Jaboticabal, 2020
47 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Coorientador: José Eduardo Pitelli Turco

1. Cultivo do milho em declividades e exposições. 2. Influência da
radiação solar. 3. Temperatura do dossel. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE E EXPOSIÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.)


AUTOR: JEAN LUCAS PEREIRA OLIVEIRA

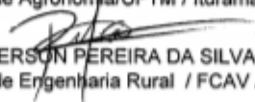
ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

COORIENTADOR: JOSÉ EDUARDO PITELLI TURCO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI
Departamento de Agronomia/UFTM / Iturama/MG


Prof. Dr. ROVERSON PEREIRA DA SILVA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 28 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JEAN LUCAS PEREIRA OLIVEIRA – nascido em Fortaleza, Ceará, no dia 07 de dezembro de 1994. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal do Ceará (UFC) em outubro de 2012 e, durante a graduação, participou de projetos de pesquisa e atuou como bolsista de Iniciação Científica do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento à Pesquisa) por, aproximadamente, cinco anos. Durante esse período, atuou em pesquisas com alimentação de ruminantes, sistemas de cultivo, ergonomia, desempenho energético e operacional de conjuntos mecanizados. Atuou, por quatro anos, como diretor de Recursos Humanos e Vice-Presidente na Agronômica – Consultoria e Projetos Agropecuários, Empresa Júnior do curso de Agronomia da UFC, onde aplicava os conhecimentos do curso de Agronomia no desenvolvimento de projetos para produtores rurais e urbanos. Recebeu título de Engenheiro Agrônomo em julho de 2018. Neste mesmo ano, iniciou curso de mestrado no Programa de Pós – Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal em agosto de 2018, sendo novamente bolsista do CNPq. É integrante do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA). Neste Laboratório, cumpriu as obrigações a que lhe foram atribuídas, dentre elas, o cumprimento de créditos e estágio docência em Máquinas Agrícolas. Em fevereiro de 2020, submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Produção Vegetal.

À minha família, aos meus amigos e mestres

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde, força e ensinamentos para seguir esse árduo caminho. Santa Teresa de Jesus, rogai por nós.

Aos meus pais, Regina Lúcia e De Assis Oliveira, que sempre me apoiaram e me deram todas as condições, apostaram comigo nesse sonho e me deram disposição para seguir. Não tenho palavras para descrever vocês.

Ao Carlos Eduardo Angeli Furlani pela orientação, amizade, confiança transmitida, por acreditar no potencial e nas ideias de seus alunos e sempre ter palavras de conforto e otimismo para animar os momentos tão difíceis. Que nunca lhe falte paciência e discernimento para seguir firme com o propósito de lecionar e orientar.

Ao José Eduardo Pitelli Turco pela coorientação, amizade, companheirismo, ensinamentos, exemplos de vida, por acreditar que os trabalhos eram possíveis de serem conduzidos e dar oportunidade para que eu os fazer. Vida longa ao senhor e às nossas longas conversas.

Ao Rouverson Pereira da Silva pela amizade, momentos compartilhados e por ser exemplo de profissional, dedicado à construção de seus alunos. Por fazer trabalho diferenciado junto às causas sociais, que são tão presentes em nosso meio. À Raquel Silva, pelo exemplo de mulher, filha, pela força e palavras ditas a mim.

Ao Cristiano Zerbato pela amizade, disponibilidade de equipamentos e pelo espírito de mudanças em nosso Laboratório.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), aos professores que compõem o quadro do programa e propiciaram o aprimoramento dos meus conhecimentos.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realização deste curso. À FEPE (Fazenda Experimental de Pesquisa e Extensão) pela disponibilidade de insumos e sempre estarem disponíveis a resolver os problemas.

Aos membros da banca examinadora Carlos Chioderoli e Rouverson Silva pela disponibilidade em participar desse importante momento e toda a contribuição para melhoria deste trabalho.

Às minhas amigas de república e minha família em Jaboticabal: Renata Queiroz, Carla Nicolau, Gabriela Queiroz, Maria Albertina e Sabrina: muito obrigado por tantos momentos juntos, os bons e os não tão bons. Levarei o aprendizado comigo, sempre.

Aos meus ex - orientadores de graduação Leonardo Monteiro, Carlos Chioderoli por despertarem o espírito acadêmico e proporcionarem os caminhos para que eu chegasse aqui.

Aos meus irmãos Michelle, Guilherme e Geovana Oliveira, pela paciência e toda a ajuda necessária.

Aos meus tios Maria Nair, José Pereira, e Vicente Oliveira, minha avó Aldenora Freire: meu eterno carinho e agradecimento. Obrigado por todos os momentos.

Aos meus padrinhos (*In Memoriam*) Maria José e Francisco Barbosa, por sonharem que eu chegasse até aqui. Sei que estão intercedendo por mim de onde estiverem.

A Pioneer sementes, na pessoa do Ronaldo Gonzaga, pela parceria e disponibilidade do material.

À minha grande e eterna amiga de UFC: Elivânia Sousa. Obrigado pela força, pelos conselhos e por ter me dado força para que eu cumprisse esse sonho. A você, toda a minha consideração e admiração.

Aos amigos do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) Samira Luns, Bruno Rocca, Aline Spaggiari, Jarlyson Bruno, Danilo Tedesco, Alex Rangel, Armando Brito, Franciele Morlin, Franciele Morelli, Luan Oliveira, Letícia Bernabé, Mailson Freire, Marcelo Júnior, Adão Felipe, Olavo Betiol, João Donadelli, Paulo Sérgio, Rafael de Graaf, Nivanda Lima, Elizabeth Kazama, Tiago Tavares por todos os momentos em harmonia, boas conversas

e divertidos cafés. Por todos os eventos, excursões, trabalhos e aprendizado compartilhado. Muito obrigado!

Aos meus amigos Nágilla Moraes, Yanna Karolyne, Evandro Menezes, Mariana Thimotheo pelo companheirismo e por fazerem enxergar a vida por outros ângulos.

Aos servidores da UNESP Davi Trevizolli, Valdeci Aparicio (Maranhão), Marquinhos, Edivaldo Nascimento, Marcelo Scatolin, Preá por compartilharem conhecimento e buscarem a solução de problemas. Muito obrigado.

Aos estagiários do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, agradeço toda a ajuda na condução e avaliações nos experimentos.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram para a realização da pesquisa.

Sumário

RESUMO	iii
ABSTRACT -	iv
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	1
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Cultura do milho	3
Exposição solar e declividade do terreno	3
Temperatura	5
Irrigação	6
REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO 2 – Desenvolvimento da cultura do milho (<i>Zea mays</i> L.) no cultivo em diferentes declividades e exposições	12
Resumo	12
Abstract	12
1 Introdução	13
2 Material e métodos	15
2.1 Caracterização do local do experimento.....	15
2.2 Delineamento experimental.....	15
2.3 Material vegetal.....	16
2.4 Variáveis climatológicas.....	17
2.5 Avaliações fitotécnicas.....	19
3 Resultados	20
3.1 Componentes meteorológicos	20
4 Discussão	27
5 Conclusões	29
6 Referências	29
CAPÍTULO 3 – Temperatura do dossel do milho (<i>Zea mays</i> L.) em diferentes superfícies	333
Resumo	333
Abstract	333
Introdução	344
MATERIAL E MÉTODOS	366

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÕES.....	433
REFERÊNCIAS	433
CAPÍTULO 4 - Considerações finais.....	46

INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE E EXPOSIÇÃO AOS RAIOS SOLARES NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L)

RESUMO – Visto que a demanda de produção de alimentos é crescente no mundo, surge a necessidade de se utilizar melhor os recursos disponíveis nas áreas de cultivo agrícola. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da interação entre declividades do terreno e exposição à radiação solar no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho em cada uma das condições de superfície e, além disso, avaliar o índice de estresse hídrico da cultura. O experimento foi conduzido na safra 2018/2019 no município de Jaboticabal, SP, Brasil, na FCAV/UNESP, em estrutura que simula diferentes condições de exposições e declividades. No primeiro, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema 6x4 com cinco repetições, sendo seis declividades (0,10,20,30,40 e 50%) e quatro exposições (Norte, Sul, Leste e Oeste). Foram avaliados componentes fitotécnicos da cultura: altura e massa de matéria seca de planta, massa de mil grãos, produtividade. No segundo trabalho, foram utilizadas três declividades (0, 30 e 50%) e duas exposições (Norte e Sul). Após verificação da normalidade dos dados, usou-se análise de variância pelo Teste F e, quando necessário, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias. A exposição da cultura do milho influenciou no desenvolvimento das variáveis diâmetro do colmo, massa de grãos, número de fileiras por espiga e produtividade. O índice de estresse hídrico varia de acordo com a exposição a que as plantas estão submetidas aos raios solares.

Palavras-chave: produtividade; declividades e exposições; superfícies

INFLUENCE OF DECLIVITY AND EXPOSURE TO SUNLIGHT IN CORN (*Zea mays* L) DEVELOPMENT

ABSTRACT - Since the demand for food production is growing in the world, there is a need to make better use of the resources available in agricultural cultivation areas. The objective of the study was to evaluate the effect of the interaction between land slopes and exposure to solar radiation on the development and productivity of the corn crop in each of the surface conditions and, in addition, to evaluate the water stress index of the crop. The experiment was conducted in the 2018/2019 harvest in the municipality of Jaboticabal, SP, Brazil, at FCAV / UNESP, in a structure that simulates different conditions of exposures and declivity. In the first, the design used was completely randomized, in a 6x4 scheme with five repetitions, six slopes (0,10,20,30,40 and 50%) and four exposures (North, South, East and West). Crop phytotechnical components were evaluated: height and dry matter of plant, mass of a thousand grains, productivity. In the second study, three slopes (0, 30 and 50%) and two exposures (North and South) were used. After verifying the normality of the data, analysis of variance was used by the F Test and, when necessary, the Tukey test ($p < 0.05$) was applied to compare the means. The exposure of the corn crop influenced the development of the stem diameter, grain mass, number of rows per ear and productivity variables. The water stress index varies according to the exposure to which the plants are exposed to sunlight.

Keywords: productivity; slopes and exposures; surfaces

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

INTRODUÇÃO

A semeadura é uma das etapas mais importantes na implantação de uma lavoura. Muitos são os fatores que interferem na produtividade do milho, sendo eles bióticos e abióticos. O potencial de uso e ocupação de terras dependem das características ambientais do local. No caso do milho, os fatores edafoclimáticos são considerados os mais importantes para o desenvolvimento da cultura.

Diante do exposto, esta dissertação foi elaborada com intuito de contribuir para a melhoria e entender fatores que atuam no desenvolvimento da cultura do milho quando as plantas são expostas à diferentes condições, partindo do pressuposto que a semeadura em diferentes condições de terreno torna isso possível. Dessa forma, a dissertação foi construída com quatro capítulos, descritos a seguir.

No primeiro capítulo foi realizado referencial teórico, dando abordagem a importância da semeadura no desenvolvimento da cultura do milho e do cultivo de culturas em diferentes superfícies, a fim de melhorar o processo de implantação e desenvolvimento da cultura no campo.

No segundo capítulo, foi abordada a influência da declividade e exposição no desenvolvimento da cultura do milho, sendo observados os fatores meteorológicos e características fenológicas da cultura.

No terceiro capítulo, foi estudada a temperatura do dossel das plantas nas diferentes situações em que elas foram expostas. Foi avaliado o índice de Estresse Hídrico por determinado período de condução do experimento.

Por fim, no quarto capítulo, foram realizadas considerações finais, sendo observada nele abordagem geral dos resultados obtidos neste trabalho e as perspectivas e sugestões para futuros trabalhos relacionados ao tema.

Pressupondo-se que o cultivo em diferentes terrenos influencia no desenvolvimento e conseqüente produtividade na cultura do milho, objetivou-se caracterizar o crescimento do milho em diferentes superfícies, estimar a influência da exposição aos raios solares no desenvolvimento agrônômico da cultura, visando definir informações que possam contribuir para a semeadura da cultura, visando

maximização da utilização de insumos e produtividade. Foi também quantificar o índice de estresse hídrico da cultura em diferentes condições do terreno.

REVISÃO DE LITERATURA

Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância econômica, pois é usado como alimento humano, animal e para produzir biocombustíveis. É cultivada em vários países, com os Estados Unidos, China e Brasil produzindo mais de 65% do total mundial (USDA, 2017). Nos sistemas de cultivo, os fatores de produção são cuidadosamente controlados para reduzir possíveis estresses bióticos e abióticos que podem reduzir a produtividade das culturas (Custodio et al., 2016).

O milho ocupa a segunda posição das culturas mais produzidas no Brasil, sendo precedido pela soja. Nas safras de 2019, foram mais de 17 milhões de hectares de área cultivada, representando aumento de 5,3% em relação à safra anterior. A produção estimada para o ano de 2019 é de 99,984 milhões de toneladas de grãos representando um aumento de 23,9% em relação à produção anterior (CONAB, 2019).

Muitos são os fatores que interferem na produtividade do milho, como disponibilidade de água, adubação, condições do solo, população de plantas e época de semeadura (Sangoi, 2000). Cada sistema de produção tem determinada população a ser utilizada para que haja maximização da produtividade de grãos e desenvolvimento da cultura.

Kunz et al. (2007) avaliando dois tipos de espaçamentos entre linhas de milho, 0,40 e 0,80 m observaram que o menor espaçamento entre linhas proporcionou maior interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em comparação ao espaçamento de 0,80 m.

Devido às exigências do mercado consumidor, os agricultores estão cada vez mais seletivos em relação à escolha dos híbridos de milho. Neste contexto, a produtividade é uma das principais variáveis levadas em consideração na escolha do material a ser cultivado (PORTO et al., 2011), sendo influenciado pelo ambiente de cultivo.

Exposição solar e declividade do terreno

O potencial de uso e ocupação de determinada área dependem bastante das características ambientais do local. No caso do milho, os fatores edafoclimáticos são considerados os mais importantes para o desenvolvimento da cultura. O milho requer a interação de um conjunto de fatores edafoclimáticos apropriados para o desenvolvimento satisfatório da cultura, sendo esses fatores: água, luz, nutrientes e temperatura.

O desenvolvimento do milho é limitado por alguns fatores, dentre eles, a água, temperatura, e radiação solar (luminosidade). Por estar no grupo de plantas com metabolismo C4, o milho apresenta elevada taxa fotossintética, respondendo esse aumento na quantidade de luz com elevada produção de massa de matéria seca e grãos (EMBRAPA 2010).

O milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, ideal de 25-30°C, a precipitação pluviométrica, mínima de 600mm e o fotoperíodo, dito de 890 a 1200 Graus dia, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (EMBRAPA 2010).

Os aspectos topográficos como a declividade do solo em conjunto com outros fatores da superfície do solo produzem uma variedade de situações ambientais, tais como: gradientes de umidade no solo entre o topo e a base da vertente; favorecimento do transporte de partículas de solo ao longo do perfil; interferência na organização vertical do dossel, ocasionando variações nos ângulos de penetração e distribuição de luz (PARRON, 2004)

Assim, a crescente necessidade de produção de alimento, atrelada à busca pela sustentabilidade, evidenciam a necessidade por técnicas de produção mais eficientes e ecológicas, promovendo modificações nos sistemas de produção agropecuários, diversificando os campos de cultivo e a eficiência do uso do solo (CALONEGO et al., 2011).

Para Coan et al. (2012), áreas em que variam a declividade do terreno, ocorre variação na radiação total recebida durante o ciclo das culturas, devido a forma como estão expostas aos pontos cardeais terrestres (norte-sul, leste-oeste) e ao movimento da Terra em relação ao sol.

Grande maioria dos projetos de irrigação e drenagem utilizam valores de evapotranspiração da área no dimensionamento, verificando estudos que envolvem a

variabilidade topográfica como fonte de dados para dimensionar modelos preditivos sobre o balanço hídrico de regiões específicas. Modelos são métodos propostos para gerar índices de zoneamento climático que ajudem a melhorar o potencial produtivo das plantas em superfícies irregulares do terreno (TURCO, MILANI e FERNANDES, 2012).

Sanchez et al. (2012), afirma que observar as relações do solo com a declividade da área é importante na identificação e mapeamento de zonas de manejo específicos, perfazendo a variabilidade do terreno e expressando respostas precisas com a variação do terreno.

As culturas sofrem interferência direta das variações ambientais que ocorrem ao longo do ciclo de cultivo. O ciclo da cultura, assim como os processos fisiológicos, sofre influência direta do clima (precipitação, radiação solar e temperatura) e dos parâmetros físico-químicos do solo (disponibilidade hídrica e nutrientes), fatores estes que geram parâmetros para serem correlacionados com os diferentes terrenos, para observar a alteração na produtividade (BRUNINI, 2017).

Temperatura

A temperatura possui alta relação com o desenvolvimento da cultura, tendo em vista que há variação ao longo dos estádios de desenvolvimento. A temperatura da planta é próxima da do ambiente que a envolve. Devido a esse sincronismo, alterações periódicas influenciam nos processos metabólicos que ocorrem no interior da planta (EMBRAPA,2010).

Quando há elevação na temperatura da planta, o processo metabólico é mais acelerado e, nos períodos frios, o metabolismo tende a diminuir. Essa oscilação metabólica ocorre dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, compreendidos entre 10°C e 30°C. Abaixo de 10°C, por períodos longos, o crescimento da planta é quase nulo e sob temperaturas acima de 30°C, também por períodos longos, durante a noite, a produção de grãos decresce, devido ao consumo dos produtos metabólicos elaborados durante o dia.

Utilizar a temperatura no estudo de fatores bióticos e abióticos é importante para avaliar as condições de qualidade e integridade de um produto. O uso possibilita

a medição da temperatura da porção superior do dossel vegetativo sem a necessidade de contato físico com as folhas (BRUNINI, 2017).

O valor obtido corresponde à média da temperatura medida dentro do campo de abrangência do sensor. A temperatura relativa de um alvo é obtida pelo sensor que capta uma amostra da radiação térmica infravermelha, convertendo-a em um sinal elétrico, cuja voltagem é proporcional à radiação captada, emitida pela folha, caracterizando-se por estar composta principalmente pela parte infravermelha do espectro, enquanto sua magnitude depende da temperatura (SANMARTIN; ACEVEDO, 2001).

Na agricultura irrigada, um importante fator é o uso da radiação solar incidente como parâmetro na mensuração da demanda hídrica disponível, pois, de acordo com a escassez de água no solo, o processo de transpiração é reduzido e ocorre acúmulo de energia na forma de calor na superfície das folhas (BRUNINI, 2017).

Irrigação

Um dos principais estresses abióticos nas plantas é a restrição hídrica devido à falta de chuvas, o que causou grandes perdas na agricultura mundial (FAO, 2002). No mundo, assim como no Brasil, as principais regiões produtoras de milho não possuem tecnologias adequadas para mitigar perdas de produtividade e dependem do clima.

A baixa disponibilidade hídrica é um dos principais fatores responsáveis pela diminuição da produção de milho, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas (SALES et al., 2016). A literatura afirma que até 90% da produção de milho pode ser perdida pela deficiência hídrica.

Afetando diretamente a produtividade, a deficiência hídrica pode reduzir o período de formação de grãos e interferir no desenvolvimento dos ovários, aumentando o número de grãos abortados (MARWEIN et al., 2017). O estresse hídrico também pode alterar a proporção de biomassa raiz/parte aérea e interferir na produção total de massa seca, reduzindo-a (GHEYSARI et al., 2017).

A deficiência hídrica pode limitar o funcionamento das atividades das plantas, dentre elas, redução da absorção e acúmulo de nutrientes (HU; SCHMIDHALER, 2005), devido à redução do crescimento radicular e a água servir de meio pelo qual

os nutrientes minerais se deslocam do solo solução para as raízes da planta (GESSLER; SCHAUB; MCDOWELL, 2017).

O crescente aumento da população faz crescer a necessidade de elevar a produção de alimentos e o consumo de água, tanto para o sistema produtivo quanto para o consumo (GOMES et al., 2016). A agricultura necessita de grande quantidade de água, sendo assim, é necessário planejamento na utilização dos recursos hídricos, para que o do consumo se dê de forma precisa em cada segmento (SILVA et al., 2013). Utilizando estratégias de manejo para calcular a quantidade de água e melhorar os níveis de distribuição, é possível uma alternativa para a otimização deste recurso.

Os métodos e equipamentos de irrigação devem ser aperfeiçoados para reduzir as perdas e induzir ao manejo adequado, relacionando com o solo, a planta e o clima. Pequenas alterações na eficiência do uso da água podem torná-la disponível para outros fins e, quanto maior for a eficiência, menor serão os custos de bombeamento, condução e distribuição da água (Castro Júnior et al., 2015).

A lâmina total de água necessária para cada cultura também deve atender às exigências hídricas das plantas em todo seu ciclo de desenvolvimento, que varia de um período para outro, pela maior evapotranspiração (Köpp et al., 2015).

Desta forma, é imprescindível controlar as lâminas de irrigação, pois, em excesso, pode causar perda de água por escoamento superficial, erosão do solo, lixiviação e, conseqüentemente, desperdício de energia, elevando o custo operacional (Pegorare et al., 2009).

Índice de estresse hídrico (IEH)

O estresse hídrico pode ser definido como um dos fatores externos que exercem influência negativa sobre o desenvolvimento das culturas (SILVA; PINCELLI, 2010). Índice de estresse hídrico está diretamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que pode ser definido como a aptidão que a planta tem para se desenvolver em um ambiente desfavorável. O IEHC sinaliza a necessidade de irrigação, é específico da cultura e deve levar em consideração diversos fatores, dentre eles, o valor da cultura e custo da irrigação.

Em plantas com estresse hídrico, os estômatos permanecem fechados e a transpiração diminui, o que ocasiona aumento da temperatura foliar. Estando em condições de solo a capacidade de campo, a planta tem temperatura da folha de 1 a 4 °C menor do que a temperatura ambiente. Sendo assim, o IEHC é próximo de zero. Com a diminuição da transpiração, a temperatura da folha sobe e pode chegar de 4 a 6 °C acima da temperatura do ar. Neste caso, o déficit hídrico é alto, a transpiração foliar é reduzida e o IEHC vai à próximo de 1 (JACKSON et al., 1982).

Lobo et al. (2004) estudaram o comportamento do feijoeiro irrigado sem restrição hídrica comparando-o com cinco níveis de estresse hídrico, determinando o momento de se irrigar quando a diferença de temperatura entre as plantas controle e os tratamentos atingisse 1, 2, 3, 4 e 5 °C. Concluíram que o melhor momento de se irrigar a cultura, durante o período reprodutivo, foi quando as temperaturas atingiram 3 a 4 ($\pm 0,5$) °C acima da temperatura das plantas controle (plantas bem irrigadas).

REFERÊNCIAS

Andrade Junior, O.; Marques, T. A.; Scatolon, J. D.; Dos Santos Bruzatti; D., Rotonto; B. R.; Godinho, A. M. M. Produção e desenvolvimento de milho da cultivar biogene-bg7049h e dekalb 330pro sob diferentes sistemas de manejo e espaçamentos. **Bioenergia em Revista: Diálogos** (ISSN: 2236-9171), v. 7, n. 2, 2017.

Beyruth, Z. (2008). Água, agricultura e as alterações climáticas globais. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**.

Bergamaschi, Homero, Ronaldo Matzenauer. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

Brachtvogel, E. L.; Pereira, F. R. D. S.; Cruz, S. C. S.; Bicudo, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas, **Ciência Rural**, p, 2334-2339, 2009.

Brunini, R. G. **Índices de estresse hídrico em cana-de-açúcar nas diferentes fases de desenvolvimento**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal/SP. 2017. 97p

Brunini, R. G.; Turco, J. E. P. Water stress index on sugarcane in different developmental phases. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 2, p. 204-2015, 2018.

Calonego, J. C.; Borghi, E.; Crusciol, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2183-2190. 2011.

Coan, R.M.; Turco, J.E.P.; Pivetta, K.F.L.; Costa, M.N.Da.; Mateus, C.De.M.D'a. Emerald zoyzia grass development regarding photosynthetically active radiation in different slopes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.501-509, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.**, v.7, n.3, p. 69-77, 2019.

Custodio, CJS et al. Fatores que contribuiram para o crescimento do milho no Brasil. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 1, n. 15, p. 174-179, 2016.

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA. **Safra Mundial de Milho 2016/17** - 11º Levantamento do USDA. Informativo.

Frizzone, J. A. (2007). Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 1(1), 24-49.

Gantoli, G .; Ayala, Vr; Gerhards, R. Determinação do período crítico para o controle de plantas daninhas no milho. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 63-71, 2013.

Gessler, A.; Schaub, M.; Mcdowell, NG O papel dos nutrientes na mortalidade e recuperação de árvores induzidas pela seca. **New Phytologist**, v. 214, n. 2, p. 513-520, 2017.

Gheysari, M. et al. Comparação de estratégias de manejo de irrigação por déficit na raiz, crescimento de plantas e produtividade de biomassa de milho para silagem. **Agricultural Water Management**, v. 182, n. 1, p. 126-138, 2017.

Gomes, A. M., Bittar, O. J. N V., & Fernandes, A. D. (2016). Sustentabilidade na Saúde: água e seu consumo. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**. 5(1), 76-85.

Hu, Y.; Schmidhalter, U. Seca e salinidade: Uma comparação de seus efeitos na nutrição mineral de plantas. **Revista de Nutrição de Plantas e Ciência do Solo**, v. 168, n. 4, p. 541-549, 2005.

Kopp, L. M., Peiter, M. X., Ben, L. H. B., Nogueira, H. M. C. M., Padron, R. A. R., Robaina, A. D., & Busk, T. C. (2015). Simulação da necessidade hídrica e estimativa de produtividade para cultura do milho em municípios do RS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 14(2), 235-246.

Kunz, J. H.; Bergonci, J. I.; Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Heckler, B. M. M.; Comiran, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira: 1977**. Vol. 42, n. 11 (nov. 2007), p. 1511-1520, 2007.

Lobo, F. de A.; Oliva, M. A.; Resende, M.; Lopes, N. F.; Maestrini, M. Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 2, p. 113-121. 2004.

Marwein, MA et al. Resposta do regime de déficit hídrico e melhoria do solo na perda de evapotranspiração e eficiência no uso da água do milho (*Zea mays* L.) no Himalaia do nordeste subtropical. **Revista Internacional de Biometeorologia**, v. 61, n. 5, p. 845-855, 2017.

Parron, L. M. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em função do gradiente topográfico, em uma mata de galeria no Distrito Federal**. p.7Universidade de Brasília, Brasília abr 2004.

Porto, A. P. F.; Vasconcelos, R. C. De; Viana, A. E. S.; Almeida, M. R. S. de. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista – BA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 208-214, 2011

Pegorare, A. B, Fedatto, E, Pereira, S., Souza, L. C. F, & Fietz, C. R. (2009). Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13(3), 262-271.

Sales, RA et al. Estimativas das necessidades hídricas do milho cultivado nas condições edafoclimáticas de São Mateus-ES. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 598-609, 2016.

Sangoi, L.; Salvador, R. J. Influence of plant height and leaf number on maize production at high plant densities, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.3, p.297-306, 1998.

Sanchez, R. B.; Marques Junior, J.; Pereira, G. T.; Baracat Neto, J.; Siqueira, D. S.; Souza, Z. M. Mapeamento das formas do relevo para estimativa de custos de fertilização em cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p.1077-1090, 2012.

Silva, Jf et al. Morfologia de milho safrinha em espaçamento reduzido e consorciado com *Urochloa ruziziensis* . **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 259-267, 2013.

Silva, M. de A.; Pincelli, R. P. Alterações morfofisiológicas na cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. In: CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R.; SORATTO, R. P. **Tópicos em Ecofisiologia da Cana-de-Açúcar**. Botucatu: FEPAF. p. 43-48, 2010.

Turco, J. E. P.; Milani, A. P.; Fernandes, E. J. Soil and Water Engineering. International Conference of Agricultural Engineering – CIGR. Ag.Eng.: agriculture and engineering for a healthier life, **Valencia, Spain**, jul,y 2012. pp. 28-12. P-0255.

CAPÍTULO 2 – Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) no cultivo em declividades do terreno e exposições aos raios solares

Resumo

Diversos fatores alteram o desenvolvimento das culturas no campo. Para a cultura do milho, pode-se destacar a disposição das plantas na lavoura e a quantidade de radiação a que ela está submetida. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da interação entre declividades do terreno e exposição à radiação solar no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho em cada uma das condições de superfície. O experimento foi conduzido na safra 2018/2019 no município de Jaboticabal, SP, Brasil, na FCAV/UNESP, em estrutura que simula diferentes condições de exposições e declividades. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema 6x4 com cinco repetições, sendo seis declividades (0,10,20,30,40 e 50%) e quatro exposições (Norte, Sul, Leste e Oeste). Foram avaliados componentes fitotécnicos da cultura: altura e massa de matéria seca de planta, massa de mil grãos, produtividade. Após verificação da normalidade dos dados, usou-se análise de variância pelo Teste F e, quando necessário, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias. A exposição da cultura do milho influenciou no desenvolvimento das variáveis diâmetro do colmo, massa de grãos, número de fileiras por espiga e produtividade.

Palavras-chave: radiação solar no milho; produtividade; superfícies

Development of corn (*Zea mays* L.) in cultivation on slopes and exposure to sunlight

Abstract

Several factors alter the development of crops in the field. For the corn crop, the plant layout in the crop and the amount of radiation to which it is submitted can be highlighted. The aim of the study was to evaluate the effect of the interaction between land slopes and exposure to solar radiation on the development and productivity of the

corn crop in each of the surface conditions. The experiment was conducted in the 2018/2019 harvest in the municipality of Jaboticabal, SP, Brazil, at FCAV / UNESP, in a structure that simulates different conditions of exposures and declivity. The design used was completely randomized, in a 6x4 scheme with five repetitions, six slopes (0.10, 20, 30, 40 and 50%) and four exposures (North, South, East and West). Crop phytotechnical components were evaluated: height and dry matter of plant, mass of a thousand grains, productivity. After verifying the normality of the data, analysis of variance was used by the F Test and, when necessary, the Tukey test ($p < 0.05$) was applied to compare the means. The exposure of the corn crop influenced the development of the stem diameter, grain mass, number of rows per ear and productivity variables.

Keywords: solar radiation on corn; productivity; surfaces.

1 Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Poaceae e, por sua grande adaptabilidade a diferentes ambientes, o que permite o cultivo da cultura em grande parte do mundo. O Brasil encontra-se na terceira posição mundial no ranking de produtores de milho, são esperados 95 milhões de toneladas para a safra 2017/2018, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (CONAB, 2017).

A produtividade do milho no Brasil é considerada baixa, $5.27 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, e isto está relacionado com as condições climáticas, arranjo espacial de plantas, práticas de manejo inadequadas (CHIODEROLI et al., 2012).

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

A interceptação da radiação solar pelas folhas das plantas de milho, influencia o rendimento de grãos (UATE et al., 2016). No entanto, somente uma fração do

espectro solar é utilizada pelas plantas para o processo de acúmulo de matéria seca: a radiação fotossinteticamente ativa (RFA). A redução de produtividade pode ocorrer pela redução da eficiência com que RFA absorvida ou interceptada é utilizada pela cultura para a produção de matéria seca, bem como pela redução do índice de área foliar que limita a produção de grãos.

Entre os fatores que podem aumentar ou reduzir a interceptação da radiação solar pelas folhas das plantas, pode ser mencionado a direção da semeadura, que altera os índices de sombreamento entre as plantas nas linhas. Karlen & Kasperbauer (1989) concluíram que a direção da semeadura que levou aos melhores resultados na safra de milho foram a direção norte-sul, com espaçamento de 0,76 m entre linhas. Corrêa et al., 2019, não encontrou influência do sentido de semeadura sobre a produtividade de grãos quando as condições ambientais foram favoráveis ao desenvolvimento da lavoura.

Superfícies com diferentes exposições e declividades recebem diferentes quantidades 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, 2012).

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 desenvolvimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias (MAULE et al., 2001).

A hipótese deste ensaio foi que o desempenho agrônômico da cultura do milho sofrerá influência da semeadura em diferentes declividades e exposição aos raios solares nas plantas, afetando diretamente o desenvolvimento e produtividade da cultura. Com base nas informações mencionadas, o objetivo de este estudo foi avaliar o crescimento do milho em diferentes graus de declividade do terreno, avaliar a influência da exposição aos raios solares no desempenho agrônômico da cultura,

determinar a variação de produtividade nas diferentes condições de semeadura da cultura.

2 Material e métodos

2.1 Caracterização do local do experimento

A pesquisa foi desenvolvida no município Jaboticabal/SP, em área situada a 22°15'22" S, 48°18'58" W, e altitude de 575 m, em estrutura que simula diferentes superfícies, descrita por Turco (1997).

O experimento foi realizado no período de safra, com semeadura em 30 de outubro de 2018 e colheita em 06 de fevereiro de 2019. O solo é classificado como Latossolo Vermelho (LE) eutroférico típico, textura argilosa, A moderado, caulínico, hipoférico, com distribuição de partículas (areia, 200 g kg⁻¹; silte, 290 g kg⁻¹ e argila 510 g kg⁻¹), relevo suave ondulado.

A precipitação média anual de 1.400 mm, temperatura média anual de 22 °C e umidade relativa do ar média de 70% (ANDRIOLI & CENTURION, 1999). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, subtropical com estiagem no inverno.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em fatorial 6 x 4, sendo seis superfícies: 0 (superfície horizontal), 10, 20, 30, 40 e 50 % de declividade e quatro exposições aos raios solares (Norte, Sul, Leste e Oeste). Foram utilizadas superfícies com 10 m² (3,5 m x 3,0 m). A área útil das parcelas foi de 6,3m², descritas na Figura 1.

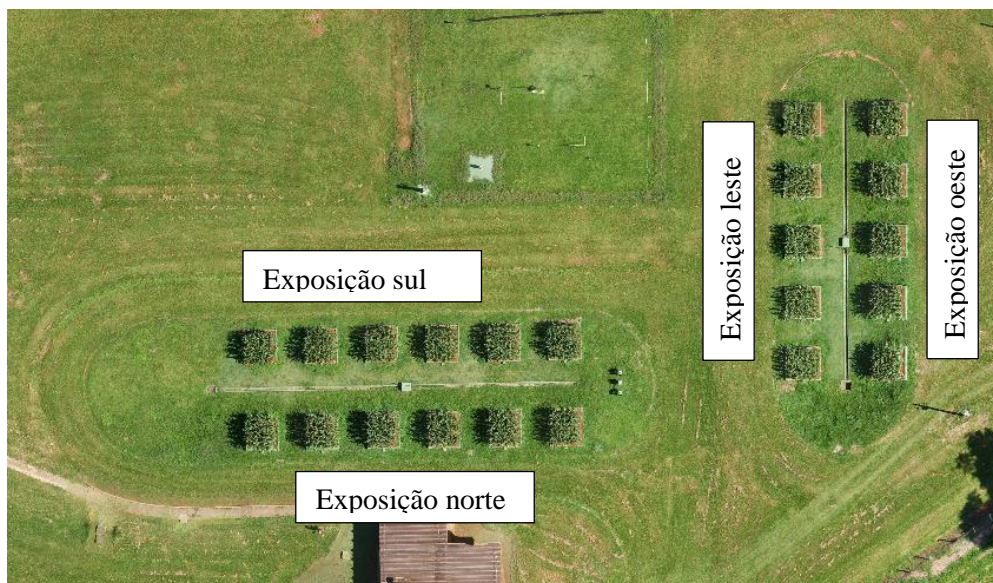


Figura 1: Vista aérea da área experimental.

2.3 Material vegetal

O híbrido de milho utilizado foi o Pioneer P4285VYHR, que possui gene Roundup Ready® e tecnologia de proteção contra insetos Leptra®. O tratamento das sementes foi realizado pelo próprio fabricante com os princípios ativos de K-Obiol 25 EC, Actellic 500EC, Maxim XL e Derosal Plus. Foi realizado revolvimento manual do solo na linha de semeadura.

A semeadura foi realizada de forma manual, sendo depositada uma semente por cova a cada 0,4 m, totalizando 7 plantas por linha e 7 linhas, população de 55.000 plantas por ha. O espaçamento entre as linhas foi de 0,45m. As sementes foram colocadas a 0,05 m de profundidade.

O revolvimento manual do solo se deu com auxílio de uma haste sulcadora adaptada, fixada a um cabo de madeira. Após o revolvimento do solo, foi usada enxada para nivelar o solo. Foi disposta uma régua graduada em centímetros para a distribuição das sementes. As covas foram abertas com punções de madeira e colocadas as sementes em seguida. Após isso, a régua foi retirada e as covas cobertas.

Na semeadura, foi utilizada adubação de 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16. Foi realizada adubação de cobertura 20-00-20 aos 30 dias após semeadura (DAS). Por fim, realizou-se adubação nitrogenada aos 60 DAS. O A dose aplicada foi baseada

na recomendação do Conselho Técnico Boletim 100 - IAC, correspondente a 266 kg ha⁻¹ de uréia aplicada, totalizando 120 kg ha⁻¹ de N (Raij et al., 1996).

2.4 Variáveis climatológicas

Para a monitoramento e obtenção dos dados meteorológicos, foi utilizada uma estação meteorológica automatizada, modelo Vantage Pro (*Davis Instruments*), em área coberta por grama batatais (*Paspalum notatum Flugge*).

A quantidade de água aplicada em cada superfície foi função dos valores da ET₀, obtidos pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), sendo calculada pela Equação 1:

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

Em que,

ET₀(PM) = evapotranspiração de referência pelo método de PM (Penman-Monteith), em gramado, mm d⁻¹;

Rn = radiação líquida, MJ m⁻² d⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

T = temperatura média do ar a 2 m de altura, °C;

V = velocidade média do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

(es-ea) = déficit de pressão de vapor, kPa;

Δ = tangente à curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹;

γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹

900 = fator de conversão.

Os valores de evapotranspiração foram corrigidos para cada superfície seguindo metodologia descrita por Turco et al. (2012), que consiste em correlacionar o saldo de radiação incidente em superfícies díspares, propondo ajuste do modelo de Penman-Monteith para cada situação de terreno. Com essa correção, a quantidade de água aplicada nas superfícies variou, devido a quantidade de radiação incidente em cada superfície.

Para a determinação da evapotranspiração da cultura foi utilizada a Equação 2.

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (2)$$

Em que,

ET_c = evapotranspiração da cultura, expressa em mm dia^{-1} ;

ET_0 = evapotranspiração de referência, expressa em mm dia^{-1} ;

K_c = coeficiente de cultura da cana-de-açúcar.

Os valores de K_c para a cultura do milho estão descritos na Tabela 1 e foram obtidos de acordo com EMBRAPA (2014).

Tabela 1. Valores do coeficiente da cultura do milho (K_c) descritos por EMBRAPA (2014).

Período de desenvolvimento	Dias após semeadura	Coeficiente de cultura (K_c)
Emergência	1 ao 19º dia	0,4
V2 ao R3	20 ao 89º dia	1,0
Maturação	90 ao 106º dia	0,4

Foram instalados no centro de cada superfície dois tensiômetros com vacuômetros tipo Bourdon. Estes foram calibrados em relação a tensiômetros de mercúrio, sendo um instalado a 20 cm e o outro a 40 cm de profundidade. A irrigação foi realizada no final do dia, respeitando o turno de rega a cada três e quatro dias. A irrigação foi realizada por gotejamento com seis fitas gotejadoras, tendo os gotejadores espaçados a 20 cm, com vazão de 90 L h^{-1} .

A radiação solar global foi medida a partir da horizontal, pela metodologia de Kondratyev (1977). A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente nas superfícies foi calculada pela equação de Gerolineto (2005), descrita na Equação 3.

$$PAR = -0,257 + 0,4237S_s \quad (3)$$

Em que,

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

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

2.5 Avaliações fitotécnicas

Para a determinação do número médio de dias para emergência das plântulas de milho, foram feitas contagens diárias desde a primeira plântula emergida até a estabilização do estande, na área útil de cada unidade experimental. Foi considerada como plântula emergida aquela que possibilitou visualização de quaisquer de suas partes.

Foi efetuado cálculo do número médio de dias para a emergência de plântulas de milho, de acordo com a equação proposta por Edmond e Drapala (1958). Os valores encontrados foram extrapolados para número de plantas ha⁻¹, Equação 4.

$$M = \frac{[(N_1G_1)+(N_2G_2)+\dots+(N_nG_n)]}{(G_1+G_2+\dots+G_n)} \quad (4)$$

em que,

M = Número médio de dias para emergência das plântulas de milho;

N₁ = Número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas; G₁ = Número de plantas emergidas na primeira contagem;

N₂ = Número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

G₂ = Número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

N_n = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas; e G_n = Número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.

A altura média das plantas de milho foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, medindo a distância entre a superfície do solo até a inserção da folha bandeira da planta de milho. Foram tomadas medidas de todas as plantas da área útil da parcela, quando o milho estava no estágio de florescimento. Com auxílio de paquímetro digital de precisão, foi medido diâmetro médio do colmo.

Para determinar produção do milho, foram coletadas e trilhadas as espigas da área útil de cada parcela com auxílio de trilhadora mecânica. Os grãos foram pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, baseadas nas Regras de Análise de Sementes BRASIL (1992), pela Equação 5:

$$P = i * \frac{(100-U)}{(100-13)} \quad (5)$$

Em que,

P = massa de grãos a 13% de umidade, em kg;

U = teor de água atual dos grãos, em %;

I = massa inicial da amostra.

Após transformar a massa dos grãos à base de 13%, a produção de grãos foi transformada em kg ha⁻¹.

Para determinar a massa seca de planta do milho, foram pesadas todas as plantas da área útil da parcela, descontando as espigas, obtendo-se a massa verde de plantas. Foi retirada amostra e submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C por 72 horas até atingir massa constante, determinando-se o teor de água e, posteriormente, foi realizado o cálculo da produção de massa de matéria seca de palhada, em t.ha⁻¹.

2.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade pelo teste de Ryan Joiner e, quando normais, à análise de variância pelo Teste F e, quando necessário, aplicou-se o teste de Tukey (p<0,05) para comparação das médias.

3 Resultados

3.1 Componentes meteorológicos

Na Figura 2, são apresentadas as temperaturas máxima, mínima e média do período de condução do experimento. Observou-se que a maior temperatura foi de 36,11°C aos 14 dias após a semeadura e a temperatura mínima foi de 14,6°C, aos 40

dias após semeadura. Na Figura 3, foram apresentados os valores de umidade máxima, média e mínima do ar. Observou-se, em vários dias, umidade máxima de 100% e a mínima próximo à colheita do experimento, 24%.

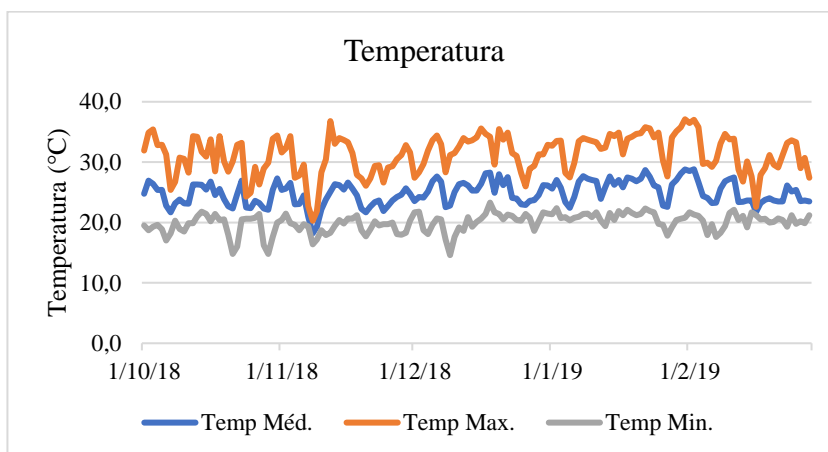


Figura 2: Temperatura máxima, média e mínima do período de condução do experimento. Temp. Méd= Temperatura média; Temp Máx= Temperatura máxima; Temp Mínima=Temperatura mínima

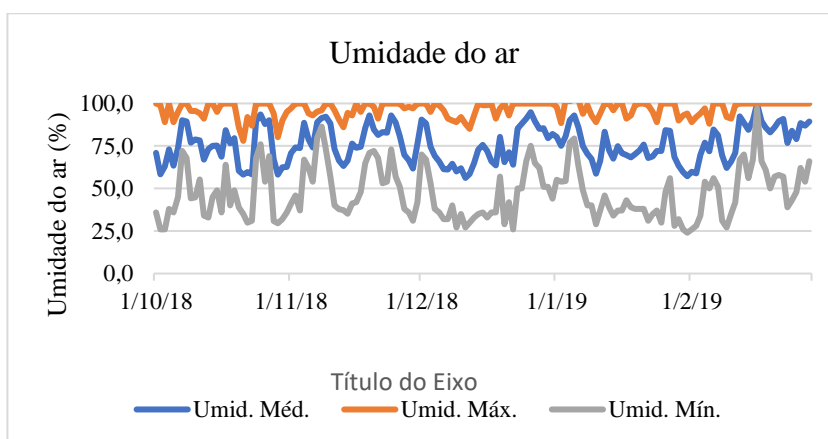


Figura 3: Umidade máxima, média e mínima do ar durante o período de condução do experimento. Umid. Méd= Umidade média; Umid. Máx= Umidade máxima, Umid. Mín=Umidade mínima

Na Figura 4, observam-se os valores de radiação durante a condução do experimento. Observou-se, na Figura 4, que a quantidade de radiação incidente no

dossel da cultura do milho foi diferente nos tratamentos. As superfícies horizontais (0°) acumularam maior quantidade de radiação global, 2212,91 MJ m⁻² d⁻¹ e, conseqüentemente, maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, 911,91 m⁻² d⁻¹. Seguida das superfícies horizontais, o tratamento 10°L recebeu 2211,83 MJ m⁻² d⁻¹ de radiação global e 911,46 MJ m⁻² d⁻¹ de PAR. Os demais tratamentos acumularam valores entre 1977,93 e 2193,0 MJ m⁻² d⁻¹ e 904,63 a 815,02 MJ m⁻² d⁻¹ para radiação global e PAR, respectivamente.

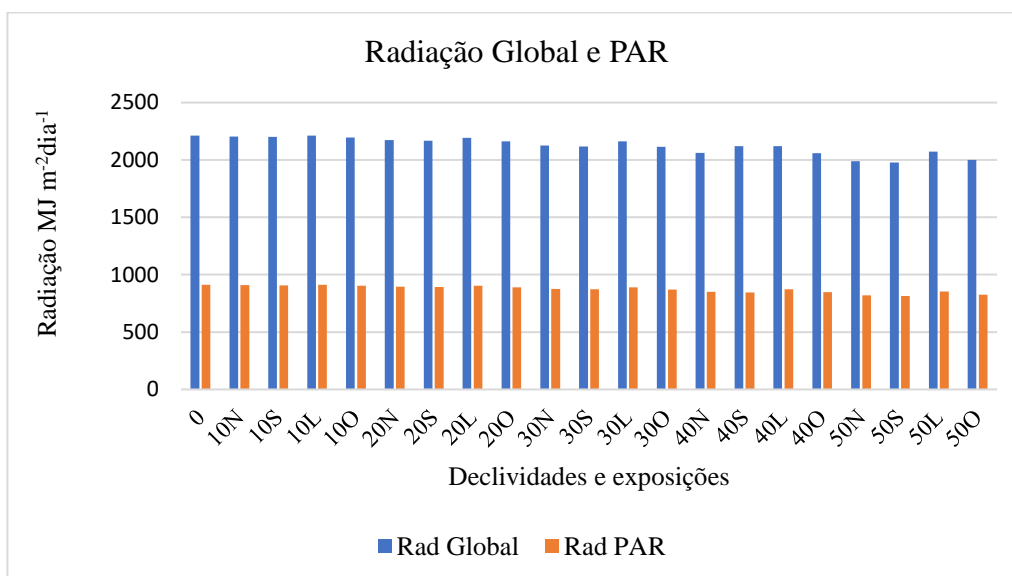


Figura 4: Valores de Radiação Global e Radiação fotossinteticamente ativa durante a condução do experimento. Rad Global = Radiação Global; Rad PAR= Radiação fotossinteticamente ativa.

Pode-se observar na Tabela 2 que a germinação não foi influenciada pelas condições de desenvolvimento do experimento, foi homogênea em todos os tratamentos, observando-se maior número de dias de germinação, 3,55 dias, no tratamento 50°.

Para a variável altura de plantas, foi verificada diferença entre as declividades e exposições, observada média de altura na declividade de 30° (202,6 cm). A interação para declividades e exposições foi significativa, sendo observado o desdobramento na Tabela 3. As alturas variaram de 194 a 205cm.

Tabela 2. Valores médios de altura de plantas, diâmetro do colmo, germinação e massa seca de plantas.

Causas de Variação	Número de dias de Emergência	Altura de planta (cm)	Diâmetro do colmo (cm)	Massa de matéria seca (t ha ⁻¹)	
Declividade (%)	0	2.84	190.99	2.06	29.57
	10	3.17	196.45	2.11	34.45
	20	2.96	197.88	2.11	30.41
	30	3.19	202.60	2.13	30.37
	40	2.94	199.18	2.13	33.38
	50	3.55	199.38	2.21	27.63
Exposição à Radiação solar	N	2.89	198.01	2.11 b	31.18
	S	3.14	205.62	2.25 a	31.65
	L	2.90	192.80	2.11 b	31.02
	O	3.50	194.54	2.05 b	30.02
Valor de F	D	1.18 ^{NS}	6.35*	1.54 ^{NS}	8.58*
	E	2.18 ^{NS}	20.34*	6.60*	0.96 ^{NS}
	D*E	0.90 ^{NS}	2.34*	6.60 ^{NS}	5.06*
DMS	D	0.97	6.35	1.63	3.54
	E	0.71	4.66	1.20	2.59
CV (%)		34.10	3.49	8.33	12.42

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * ($p < 0,05$); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

Para diâmetro do colmo, foi verificada significância a 0,05 para exposição sul, tendo os tratamentos com esta exposição maior diâmetro médio de colmo, de 22,52mm.

No parâmetro massa seca de plantas, foi observada diferença para exposições, sendo considerados iguais os tratamentos 10° e 40°, com médias de 34,45 e 33,38 t

ha⁻¹, respectivamente. Foi positiva a interação para declividade e exposição nesta variável, sendo observado o desdobramento na Tabela 4.

Na Tabela 3, encontram-se os valores médios obtidos do desdobramento para altura de plantas, podendo-se observar maior altura no tratamento 30%N.

Na Tabela 4, encontram-se os valores médios obtidos do desdobramento para massa seca de plantas, podendo-se observar maiores valores de massa no tratamento 40%S.

Tabela 3. Valores médios obtidos para o desdobramento da altura de plantas, em cm.

		Exposição				DMS
		N	S	L	O	
Declividade (D)	0	190.4 ab A	191.6 b A	190.4 b A	191.4 a A	11,4
	10	196.4 ab B	209.7 a A	183.7 b C	195.8 a B	11,4
	20	193.0 b B	209.4 a A	194.4 ab B	194.6 a B	11,4
	30	207.8 a AB	212.4 a A	198.2 a BC	191.8 a C	11,4
	40	198.8 ab A	204.0 ab A	194.9 ab A	198.8 a A	11,4
	50	201.3 ab AB	206.5 a A	194.9 ab C	194.6 a C	11,4
DMS	D	12,7	12,7	12,7	12,7	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 4. Valores médios obtidos para o desdobramento da massa seca de planta, em t.ha⁻¹.

Fatores		Exposição				DMS
		N	S	L	O	
Declividade (D)	0	28.5 ab A	30.5 a A	28.5 a A	30.5 ab A	6,3
	10	43.7 a A	31.9 a B	32.2 a B	29.8 ab B	6,3
	20	27.7 ab B	28.4 a B	30.3 a AB	35.0 a A	6,3
	30	31.4 b AB	32.9 a A	31.4 a AB	25.6 b B	6,3
	40	32.8 b A	35.5 a A	33.0 a A	32.0 ab A	6,3
	50	22.7 b B	30.4 a A	30.4 a A	26.9 b AB	6,3
DMS	D	7,0	7,0	7,0	7,0	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Tabela 5, encontram-se os valores médios para as variáveis número de fileiras, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade. Pode-se observar que o número de fileiras não sofreu influência dos tratamentos, número esse

de aproximadamente 13 fileiras por espiga. A interação entre as causas de variação foi significativa para esta variável, sendo o desdobramento da interação apresentado na Tabela 6. Para a variável número de fileiras, as declividades 0,20,30 e 50% não diferem estatisticamente nas exposições.

Tabela 5. Valores médios de número de fileiras, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade.

Causas de Variação	Número de fileiras	Número grãos por fileira	Massa mil grãos (g)	Produtividade (t ha ⁻¹)	
Declividade (%)	0	13.35	36.42 b	320.53	9.79
	10	13.32	37.59 ab	321.65	10.00
	20	13.51	38.29 a	322.71	11.63
	30	13.58	38.38 a	323.27	11.17
	40	13.25	37.51 ab	314.81	10.53
	50	13.51	37.87 ab	318.69	11.00
Exposição à Radiação solar	N	13.53	38.27 ab	320.83	10.90 ab
	S	13.51	38.89 a	331.83	12.13 a
	L	13.45	36.50 c	316.28	9.714 b
	O	13.20	37.05 bc	312.17	10.00 b
Valor de F	D	1.26 ^{NS}	2.64*	0.814 ^{NS}	1.69 ^{NS}
	E	2.50 ^{NS}	9.43*	8.91*	5.94*
	D*E	2.014*	1.71 ^{NS}	2.20*	1.31 ^{NS}
DMS	D	0,48	1,80	14,31	2,24
	E	0,35	1,32	10,50	1,64
CV (%)		3.92	5.20	4.85	22.84

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). * (p<0,05); ^{NS} (não significativo), DMS- diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação.

Tabela 6. Valores médios obtidos para o desdobramento número de fileiras.

Fatores		Exposição				DMS
		N	S	L	O	
Declividade (D)	0	13.4 ab A	13.2 a A	13.4 ab A	13.2 a A	0,8
	10	13.9 a A	13.7 a AB	12.6 b C	12.8 a BC	0,8
	20	13.7 ab A	13.2 a A	13.6 ab A	13.4 a A	0,8
	30	13.7 ab A	13.6 a A	13.6 a A	13.2 a A	0,8
	40	12.8 b A	13.4 a A	13.6 a A	13.0 a A	0,8
	50	13.3 ab A	13.6 a A	13.6 ab A	13.4 a A	0,8
DMS	D	0,9	0,9	0,9	0,9	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A variável número de grãos por fileira foi influenciada pelos tratamentos declividade e exposição e teve interação positiva. Os números de grãos variaram de 36,42 no milho cultivado na superfície horizontal (0%) a 38,39 nas superfícies 20 e 30°, sendo mais expressivos no tratamento sul, com 38,89 grãos.

A variável massa de mil grãos sofreu influência do tratamento exposição, observando-se maior massa de grãos no tratamento sul e declividades 20 e 30%. Apesar de não ter havido significância para declividade, a interação entre as causas de variação foi significativa e o desdobramento encontra-se na Tabela 7.

Para produtividade, observou-se significância para exposição, sendo observada maior média de produtividade na exposição sul de 12,13 t ha⁻¹. Para a causa de variação declividade, a produtividade não houve diferença estatística.

Tabela 7. Valores médios obtidos para o desdobramento da massa de mil grãos.

Fatores		Exposição				DMS
		N	S	L	O	
Declividade (D)	0	320.29 ab A	320.77 a A	320.29 a A	320.77 a A	25,73
	10	327.39 ab AB	346.93 a A	313.41 a BC	298.89 a C	25,73
	20	325.75 ab A	333.46 a A	316.30 a A	315.31 a A	25,73
	30	337.74 a A	332.73 a A	322.16 a AB	300.46 a B	25,73
	40	305.32 b A	327.68 a A	305.83 a A	320.42 a A	25,73
	50	308.52 b A	329.42 a A	319.69 a A	317.14 a A	25,73
DMS	D	28,62	28,62	28,628	28,628	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 Discussão

A superfície horizontal recebeu maior quantidade de radiação solar e, conseqüentemente, radiação PAR. Isso ocorre devido a superfície estar totalmente exposta à radiação que incide no local, seja qual for a posição que o sol se encontra.

André et al. (2010) e Carneiro et al. (2013), que estudaram o saldo de radiação em cana-de-açúcar para diferentes regiões no Brasil, confirmaram a dependência do albedo (reflexão) em função do ângulo de elevação solar. Segundo estes autores a variação angular de incidência dos raios solares sobre as plantas diverge no saldo de radiação que penetra e é retido, desta forma, diferentes cenários produtivos com dependência geográfica do terreno influenciam no saldo de radiação total pela cultura.

Esta explicação é reiterada com os valores obtidos nas Tabelas 2 e 5, para as variáveis analisadas, onde os tratamentos acumularam taxas variáveis de radiação solar ao longo do ciclo, influenciando no desenvolvimento do milho.

De acordo com EMBRAPA 2010, a temperatura durante o ciclo da cultura foi dentro do indicado para o bom desenvolvimento da cultura do milho, temperatura essa de 25-30 °C na maior parte do ciclo.

A emergência não foi significativa nos tratamentos. Esse fato pode estar associado devido à semeadura que, por ter sido realizada de forma manual, as sementes foram colocadas à mesma profundidade e com o mesmo espaçamento. Quanto melhor o arranjo de plantas na área (distribuição uniforme) melhor aproveitamento do ambiente. Esse resultado afirma que foram dadas as condições ideais para a emergência.

A exposição a que as plantas foram submetidas influenciou nas variáveis altura e diâmetro de planta (Tabela 2). Isso pode ser atribuído à quantidade de radiação solar acumulada em cada tratamento, visto que as plantas de milho, por possuírem metabolismo C4, respondem diretamente à quantidade de radiação que foi disponibilizada para as plantas. A alteração na incidência dos raios solares sobre as plantas diverge no saldo de radiação que penetra nas folhas e é retido. Sendo assim, diferentes cenários produtivos são observados pela dependência geográfica do terreno, que influenciam no saldo de radiação acumulado pela cultura (CARNEIRO et al., 2013).

Os valores de altura de planta e massa seca obtiveram médias. As alturas variaram de 1,98m a 2,07m, Apesar da maior quantidade de radiação acumulada ter sido nas superfícies horizontais, foram verificados maiores médias, de acordo com nas Tabelas 3 e 4, das variáveis altura de planta e massa seca de planta nos tratamentos de exposição norte e oeste.

A população de 55000 plantas pode ter favorecido o desenvolvimento da cultura. Quanto mais adensadas, população acima de 70.000 plantas, maior a probabilidade de haver sombreamento entre plantas (CORRÊA et al., 2019). A condição de semeadura deste experimento possibilitou que as plantas otimizassem a capacidade delas de converter radiação solar em fotoassimilados.

Uma estratégia da alteração do arranjo de plantas, pela redução da distância entre linhas, é encurtar o tempo necessário para que a cultura intercepte o máximo da radiação solar incidente e, com isso, incrementar a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo (KUNZ et al., 2007). Mas, deve-se manter populações conforme comentado no parágrafo acima.

Neste trabalho, foi usado espaçamento de 0,45 m também pensando na utilização de maquinário, visto que este arranjo de plantas é considerado melhor para otimizar o uso das máquinas agrícolas, pois as semeadoras distribuirão maior quantidade de sementes por área. As tecnologias em máquinas avançam e, com isso, torna-se possível explorar áreas que outrora eram dispensadas pelas características edafoclimáticas.

Em relação à variável número de grãos por fileira, apesar de ter-se observado interação entre os fatores, o número médio de fileiras nos tratamentos foi homogêneo. Para a população utilizada, este resultado foi dentro do esperado, visto que, geralmente, aumento da população reduz a número de fileiras e grãos por fileira, pois a planta tende a abortar os grãos da ponta da espiga, tornando-a mais curta e com menos grãos (Brachtvogel et al., 2009).

Chioderoli et al., 2013 encontraram resultado de 8,771 t ha⁻¹ para matéria seca do milho consorciado com *Uruchoa brizantha*, em trabalho realizado na mesma região do trabalho em estudo. Os resultados encontrados neste trabalho estão bastante acima da média de matéria seca encontrados nos trabalhos com milho.

Mello et al., 2007, encontraram valores para massa de mil grãos de 146g e produtividade de 7,192 t ha⁻¹ utilizando o híbrido DKS 92, conduzindo experimento em área com declive de 4%. Os resultados deste experimento não corroboram com o autor, pois os valores encontrados foram acima desses, sendo possível destacar a diferença do híbrido como fator importante nos resultados de produção.

Além da qualidade do híbrido utilizado, a irrigação foi fundamental para que a cultura pudesse ter o melhor desenvolvimento possível. A sanidade da cultura foi mantida ao longo do experimento com a aplicação de herbicidas, a adubação fracionada na semeadura, estádios V4 e V8 da cultura. sabendo que, de acordo com Weismann 2008, o déficit hídrico nos períodos vegetativo e reprodutivo pode comprometer a formação das espigas e, conseqüentemente, a produtividade.

5 Conclusões

A exposição a que as plantas foram submetidas influenciou no desenvolvimento da cultura do milho nas variáveis altura, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade.

Na variável altura de plantas, os tratamentos sul 10,20,30 e 50% apresentaram melhores resultados. Para massa seca de plantas, na exposição norte, o tratamento 10° obteve maior valor, 43,73. O número de fileiras, na exposição norte, foi 10%. Para massa de mil grãos, encontra-se maiores médias na exposição norte (30%) e sul (10 e 30%).

6 Referências

Abdelsattar Abdelkhalik,OrclD ,Bernardo Pascual, ,Inmaculada Nájera 4 ,Carlos Baixauli e Nuria Pascual-Seva. Irrigação por déficit regulamentado como estratégia de economia de água para o cultivo de cebola em condições mediterrâneas. **Agronomy**, 2019, v.9, p. 521.

Andrioli, I.; Centurion, J. F. **Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, 1999. Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.1-4.

Brachtvogel, E. L.; Pereira, F. R. da S.; Cruz, S. C. S.; Bicudo, J. S. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v.39, p.2334-2339, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000193>

Carneiro, R. G.; Moura, M. A. L.; Lyra, R. F.; Andrade, A. M. D.; Santos, A. B.; Maia, R. G. X. Fluxo de Calor do Solo e Saldo de Radiação Dentro de uma Área de Mata Atlântica em Comparação com uma Área de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Maceió, v. 6, n. 3, p. 555-565, 2013.

Chioderoli, Carlos A. Mello, Luiz M. M. de, Grigolli, Paola J., Furlani, Carlos E. A., Silva, José O. R., Cesarin, André L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.16 no.1 Campina Grande jan. 2012

Companhia Nacional de Abastecimento (2017). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 2016/2017**: Nono levantamento. 46 p. Disponível em:

Coan, R. M.; Turco, J. E. P.; Pivetta, K. F. L.; Costa, M. N.; Mateus, C. M. Emerald zoyzia grass development regarding photosynthetically active adiation in different slopes. **Engenharia Agrícola. Jaboticabal**, v. 32, n. 3, 2012.

Cruz, O.R. Parâmetros hídricos, área foliar e coeficiente cultural (Kc) do consórcio milho-brachiaria irrigado: **Embrapa Cerrados**, 2014. 24 p.

Karlen, D. L.; Kasperbauer, M. J. Row orientation and configuration effects on canopy light spectra and corn growth. **Applied Agricultural Research**, v.4, p.41-56, 1989.

Kondratyev, K.Y. Radiation regime of inclined surfaces. Genebra; **World Meteorological Organization**, 1977. 82 p.

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.

Mello, A.J.R. et al. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.27, n.2, p.479-486, 2007.

Carneiro, R. G.; Moura, M. A. L.; da Fonseca Lyra, R. F.; de Andrade, A. M. D.; dos Santos, A. B.; Maia, R. G. X. Heat flux and in the soil and radiation balance inside in area of atlantic forest in comparison with an area of sugarcane. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 555-565, 2013.

André, R. G. B.; Mendonça, J. C.; Marques, V. D. S.; Pinheiro, F. M. A.; Marques, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 375-382, 2010.

Corrêa, R. D. G.; Furlani, C. E. A.; Zerbato, C.; Oliveira, D. T., Noronha, R. H. F.; Warikoda, N. K. Sowing operation direction and population densities in corn growing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.23, n.3, p.183-187, 2019.

Sangoi, L.; Almeirada, M. L. De; Horn, D.; Biacnchet, P.; Gracietti, M. A.; Schmitt, A.; Schweitzer, C. Tamanho de semente, profundidade de semeadura e crescimento inicial do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.370-380, 2004.

Turco, J. E. P.; Pinotti Junior, M.; Rodrigues, T. J. D.; Fernandes, E. J. Desenvolvimento da cultura de soja em terrenos com diferentes exposições e declividades. **Engenharia Agrícola**, v.17, n.2, p.21-28, 1997.

Turco, J. E.; Milani, A. P.; Fernandes, E. J. **Adequacy of the Penman-Monteith method to irrigated surface with different exposures and declivity**. In: International Conference of Agricultural Engineering. 2012. Anais... Valencia: CIGR – AGENG 2012. CD Rom.

Uate, J.V. **Progresso genético e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

Weismann, M. Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho. Tecnologia e **Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno**. Maracají: Fundação MS, p. 3138, 2008.

7 Material complementar

Na Tabela 8, encontra-se o resumo dos resultados obtidos neste experimento. A Tabela contém as variáveis analisadas e os resultados de cada uma para declividades e exposições.

Tabela 8. Resumo dos resultados obtidos para as variáveis analisadas.

Variáveis	Declividades	Exposições
N° dias de emergência	NS	NS
Altura de planta	30 N 10, 20, 30 e 50 S 30 L	10, 20, 30 e 50 S
Diâmetro do colmo	NS	S
Massa de matéria seca	10 N 30 e 50 S 50 L 20 O	10 N 20 O
Número de fileiras	10 N	10 N 30 e 40 L
N° de grãos por fileira	20 e 30	S
Massa de mil grãos	30 N	30 N 10 e 30 S
Produtividade	NS	S

CAPÍTULO 3 – Temperatura do dossel do milho (*Zea mays* L.) cultivado em declividades e exposições aos raios solares

Resumo

O milho é uma cultura de grande importância para o Brasil, para alimentação humana e animal, geração de energia com a produção de combustíveis e matérias primas para outros fins. Analisar o espaço, baseado em informações de topografia do terreno e temperatura do dossel vegetativo, podem fornecer tecnologias de manejo acessíveis ao produtor rural. Objetivou-se, neste estudo, determinar índices de estresse hídrico para a cultura do milho em superfícies irrigadas, com exposições e declividades díspares. Foi avaliado o índice de estresse hídrico das plantas. A pesquisa foi desenvolvida utilizando-se oito superfícies, sendo duas na horizontal e as demais com declividade de 10, 30 e 50%, com exposições norte e sul. O Índice de estresse hídrico foi determinado por meio da medição da temperatura da cobertura vegetal e do ar, ambas no mesmo horário, sendo a primeira com auxílio de termômetro infravermelho e a segunda por termômetro de estação meteorológica. Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento. Os resultados deste estudo mostraram que o índice de estresse hídrico do milho é diferente com a exposição e declividade do terreno, influenciando no manejo da irrigação e na produtividade para cada superfície estudada.

Palavras-chave: termometria infravermelha; índice de estresse hídrico; manejo de irrigação

Canopy temperature of corn (*Zea mays* L.) grown on slopes and exposure to sunlight

Abstract

Corn is a crop of great importance for Brazil, for human and animal food, power generation with the production of fuels and raw materials for other purposes. Analyzing the space, based on information on land topography and temperature of the vegetative canopy, can provide management technologies accessible to rural producers. The

objective of this study was to determine water stress indices for corn on irrigated surfaces, with different exposures and slopes. The water stress index of the plants was evaluated. The research was developed using eight surfaces, two horizontally and the others with 10, 30 and 50% slope, with north and south exposures. The water stress index was determined by measuring the temperature of the vegetation cover and the air, both at the same time, the first with the aid of an infrared thermometer and the second with a meteorological station thermometer. Drip irrigation system was used. The results of this study showed that the water stress index of corn is different with the exposure and slope of the land, influencing irrigation management and productivity for each surface studied.

Keywords: infrared thermometry; water stress index; irrigation management

Introdução

A temperatura do dossel vegetativo é um dos parâmetros que podem ser utilizados na detecção de sintomas bióticos e abióticos das plantas, atuando como um bom indicador do estresse hídrico e tendo influência direta no metabolismo (Wang et al., 2010). Diversos autores, a exemplo de Morales et al. (2015) e Vieira et al. (2014), têm feito o uso do termômetro a infravermelho em estudos do sistema solo-planta-atmosfera.

O monitoramento efetivo da tecnologia de irrigação para as culturas é essencial para a produção (Carr & Knox, 2011). De acordo com Silva et al. (2014), a evapotranspiração é a principal componente de perda de água para a atmosfera dentro de um balanço hídrico, que é a relação entre a temperatura do dossel e o potencial de água no solo.

O índice de estresse hídrico das culturas proposto por Idso et al. (1981), possibilita encontrar de forma prática o índice de estresse hídrico diário (IEHD) para as plantas. Holanda et al. (2015) utilizaram este índice para avaliar o estresse hídrico na cana-de-açúcar.

As culturas, quando em escassez de água no solo, apresentam como resposta fisiológica a diminuição da condutância estomática e fechamento dos estômatos. Este

reflexo de sobrevivência da planta tem por objetivo diminuir ou cessar a transpiração até que as condições ambientes voltem a ficar adequadas para a planta.

A temperatura por infravermelho corresponde à média da temperatura medida dentro do campo de abrangência do sensor. A temperatura relativa de um alvo é obtida pelo sensor, que capta uma amostra da radiação térmica infravermelha, convertendo-a num sinal elétrico, cuja voltagem é proporcional à radiação captada, emitida pela folha, caracterizando-se por estar composta principalmente pela parte infravermelha do espectro, enquanto sua magnitude depende da temperatura (SANMARTIN e ACEVEDO, 2001).

As principais vantagens da termometria infravermelha sobre técnicas convencionais de detecção do estresse hídrico (sintomas visuais, condutância estomática, fluxo de seiva, balanço de água no solo), são a facilidade e a rapidez com que as medidas de temperatura do dossel vegetativo podem ser obtidas.

O acúmulo da radiação incidente em diversos cenários produtivos e a avaliação técnica sobre seu efeito no funcionamento de processos fisiológicos das plantas são de caráter fundamental no aprimoramento de novas ferramentas, das quais apresentam potencial necessário para aprimorar os sistemas produtivos e auxiliar o produtor rural na melhor tomada de decisão, utilizando a topografia do terreno em favor para melhorar a produtividade da cultura.

O excesso de radiação absorvido pela planta promove um aumento de sua temperatura, proporcionando um incremento no fluxo transpiratório. Quando esse fluxo for maior que o fluxo hídrico da folha, ocorre o fechamento dos estômatos, a fim de evitar que a planta entre em déficit hídrico, o que caracteriza um efeito negativo da radiação na transpiração e na fotossíntese (TAIZ & ZIEGER, 2004).

O Índice de Estresse Hídrico (IEH) das Culturas também capaz de proporcionar ao operador uma resposta rápida e precisa, ou seja, a taxa e o padrão de estresse hídrico ao longo dos dias ou em algum dia específico para as culturas, inclusive a do milho. Com esse método, o produtor pode avaliar em qual momento no campo a cultura sofre mais com o estresse hídrico, determinar através de índices de temperatura o instante exato para realizar o manejo da irrigação e evitar que ocorram danos as plantas.

Diante da necessidade de disponibilizar informações científicas e técnicas a respeito do tema, a hipótese deste trabalho foi que o IEH varia em função da declividade e exposição do terreno. O objetivo deste estudo foi determinar índices de estresse hídrico diário no milho cultivado em diferentes exposições e declividades.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, situada a 21° 14' 05" S, 48° 17' 09" W e altitude de 575 m, em uma estrutura que simula superfícies, (Figura 1), descrita por Turco et al. (1997).



Figura 1: Área experimental

As superfícies foram preenchidas com solo previamente homogeneizado, classificado como Latossolo Vermelho Escuro, Eutrófico. Este tipo de solo possui textura argilosa, moderada, caulínica, hipoférrica, com distribuição de partículas (areia, 200 g kg⁻¹; silte, 290 g kg⁻¹ e argila 510 g kg⁻¹), relevo suave ondulado.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, precipitação média anual de 1.400 mm, temperatura média anual de 22 °C e umidade relativa média do ar de 70% (ANDRIOLI e CENTURION 1999).

O experimento foi realizado, no período de 07 de dezembro de 2018 a 24 de janeiro de 2019, abrangendo o período de V4 ao R2 no qual foram utilizadas oito superfícies que simulam terrenos com exposições e declividades, caracterizadas como horizontais HN e HS; 10, 30, 50° N e 10, 30 e 50° S, sendo HS mantida na capacidade de campo e as demais com irrigação respeitando o turno de rega de 3 e 4 dias. O turno de rega foi realizado de acordo com a soma da evapotranspiração da cultura até atingir a capacidade de campo (Faria et al., 2012).

O híbrido de milho utilizado foi o Pioneer P4285VYHR, que possui gene Roundup Ready e tecnologia Leptra. O tratamento das sementes foi realizado pelo próprio fabricante com os princípios ativos de K-Obiol 25 EC, Actellic 500EC, Maxim XL e Derosal Plus.

Foi realizado revolvimento manual do solo na linha de semeadura. A semeadura foi realizada de forma manual, com auxílio de régua graduada, sendo depositada uma semente por cova a cada 0,4 m, totalizando 7 plantas por linha, respeitando a população de 55 mil plantas por ha. O espaçamento entre as linhas foi de 0,45m.

Os dados meteorológicos referentes ao período de condução do experimento foram fornecidos por Estação Meteorológica Automatizada, *Davis Instruments*, instalada próximo à área experimental, com abrangência do ciclo da cultura do milho. A estação foi equipada com sistema de aquisição de dados Vantage Pro Plus Wireless, onde foram mensuradas a radiação solar global; temperatura e umidade relativa do ar; velocidade do vento e a precipitação pluviométrica.

Foram instalados, no centro de cada superfície, dois tensiômetros com vacuômetros tipo Bourdon para monitorar o comportamento do potencial de água no solo. Estes foram calibrados em relação a tensiômetros de mercúrio, sendo um instalado a 20 cm e o outro a 40 cm de profundidade. A irrigação foi realizada no final do dia, respeitando o turno de rega a cada três e quatro dias, conforme a demanda hídrica da cultura do milho durante o ciclo fenológico. Como parâmetro para avaliar as tensões de água no solo, foi adotada a faixa de tensão crítica entre 15 e 40 kPa de acordo com Marouelli et al. (2011).

Para monitorar a umidade do solo, uma vez por semana antes e após a irrigação, foram retiradas amostras de solo nas diferentes superfícies, nas

profundidades de 0,20m e 0,40m, utilizando o método gravimétrico (NBR 06457, 1986) para monitorar a umidade do solo do estádio V4 à suspensão da irrigação. A irrigação foi realizada por gotejamento com seis mangueiras, gotejadores espaçados a 20 cm, vazão de 90 l h⁻¹.

A quantidade de água aplicada em cada superfície foi em função dos valores da ET₀, obtidos pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), método padrão FAO 56. A evapotranspiração de referência foi calculada pela Equação 1:

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

Em que,

ET₀ (PM) = evapotranspiração de referência pelo método de PM (Penman-Monteith), em gramado, mm d⁻¹;

R_n = radiação líquida, MJ m⁻² d⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

T = temperatura média do ar, °C;

V = velocidade média do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

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

Δ = tangente à curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹;

γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹, e

900 = fator de conversão.

Os valores ET₀ foram corrigidos para cada superfície utilizando metodologia descrita por TURCO et al. (2012), que correlacionaram o saldo de radiação incidente em diferentes superfícies, ajustando o modelo de Penman-Monteith para superfícies díspares de acordo com o coeficiente da cultura.

A evapotranspiração da cultura em cada superfície foi obtida por meio da evapotranspiração de referência e dos coeficientes da cultura aplicados em cada fase de desenvolvimento.

Os valores de K_c para a cultura do milho estão descritos na Tabela 1 e foram obtidos de acordo com EMBRAPA (2014).

Período de desenvolvimento	Dias após sementeira	Coefficiente de cultura (Kc)
Germinação	1 ao 19º dia	0,4
V2 ao R3	20 ao 89º dia	1,0
Maturação	90 ao 106º dia	0,4

Para a determinação da evapotranspiração da cultura, foi utilizada a Equação 2:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (2)$$

Em que,

ET_c = Evapotranspiração da cultura, expressa em mm dia⁻¹.

ET_0 = Evapotranspiração de referência, expressa em mm dia⁻¹.

K_c = Coeficiente de cultura do milho.

A fim de avaliar o possível índice de estresse hídrico (IEH) do milho, realizou-se medições entre 12 e 13 h, diariamente, efetuando-se 10 leituras em cada parcela, com a medição da temperatura da cobertura vegetal e da temperatura do ar ambiente, ao mesmo tempo, com o uso do termômetro de infravermelho portátil FLUKE, modelo 62 MAX, e a temperatura do ambiente, com termômetro da estação meteorológica, respectivamente. Em dias de precipitações, ocorrência de vento forte e/ou tempo nublado, as leituras foram evitadas.

As leituras com o termômetro infravermelho foram efetuadas com o aparelho posicionado em direção oposta ao sol com inclinação de aproximadamente 30° com a horizontal.

A calibração do termômetro de infravermelho ($\pm 1^\circ\text{C}$) foi realizada em Laboratório, utilizando-se um banho maria para laboratório e fazendo-se variar a temperatura de 0 - 60°C. A temperatura da água foi lida com termômetro de mercúrio de fundo de escala de 60°C, precisão $\pm 0,1^\circ\text{C}$ e com o termômetro infravermelho, simultaneamente.

Para o cálculo do IEH efetuou-se a diferença entre as temperaturas médias da cobertura vegetal e a temperatura do ar conforme Jackson (1977), que propuseram a Equação:

$$IEH = T_c - T_a \quad (3)$$

Em que,

IEH – Índice de Estresse Hídrico Diário, em °C;

T_c – temperatura da cobertura vegetal, em °C; e

T_a – temperatura do ar, em °C.

Ao final do experimento foi realizada a colheita do milho, obtendo-se os valores de massa de matéria seca e produtividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os valores das lâminas d'água total recebida nos tratamentos avaliados e a precipitação, no período de condução da cultura. A quantidade total de água proveniente das chuvas foi de 600,2 mm, o que pode ter possibilitado o bom desenvolvimento da cultura em todas as superfícies. Nota-se que a superfície H apresentou a maior quantidade de lâmina d'água pela irrigação, enquanto a superfície 50S apresentou a menor quantidade de lâmina d'água pela irrigação, cerca de 86,8% da superfície H.

Tabela 2. Lâmina d'água total recebida pela cultura em cada tratamento e precipitação em mm.

DATA	H	10N	10S	30N	30S	50N	50S	PRECIP.
TOTAL	421,64	410,43	378,64	401,36	367,50	381,09	356,35	600,2

Esse fato se deve a evapotranspiração distinta em cada uma das superfícies, devido a sua exposição e declividade, que receberam quantidade de radiação solar diferente. Superfícies com exposições Norte receberam maior quantidade de radiação ao longo do experimento do que as superfícies com exposições Sul, resultados que podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Quantidade de radiação recebida nas superfícies avaliadas, em MJ m⁻² d⁻¹.

DATA	H	10N	10S	30N	30S	50N	50S
TOTAL	2212,91	2203,21	2201,35	2124,48	2117,30	1989,51	1977,78

Na Figura 2 é possível observar os dados médios de índice de estresse hídrico diário (IEH), verificando-se que, em determinados dias, as plantas estiveram com Índice de estresse hídrico elevados, ou seja, com valores de IEH positivos (FERNANDES et al., 2010). Para a cultura do milho, é dito que o IEH influencia no desenvolvimento e na produtividade do milho em até 85% (GANTOLI; AYALA; GERHARDS, 2013).

Em quase todo o ciclo da cultura do milho os valores de IEH seguiram um padrão para todas as exposições estudadas com menores valores para as exposições de orientação Sul e maiores valores para as exposições de orientação Norte, indicando que as exposições com orientação Sul favorecem a cultura para que esta não seja influenciada com deficiência hídrica devido ao aumento do IEH, causado pela maior radiação solar nessa orientação.

Como observa-se na Figura 2, a superfície HS apresentou menor IEH, devido à lâmina d'água ter sido repostada todos os dias antes das medições de temperatura. Quanto maior o IEH maior a evapotranspiração diária da cultura, refletindo assim no momento de irrigar.

A partir do gráfico em radar, Figura 2, observa-se que a exposição sul apresenta menores valores de IEH e maiores valores na exposição norte. Este fato está associado à quantidade de radiação recebida ao longo do dia pois, no período de condução deste experimento, a influência dos raios solares está mais presente na exposição norte. Maior quantidade de radiação, ocorre elevação da temperatura das plantas, influenciando no IEH.

De acordo com Oliveira et al. (2012) a disponibilidade de água no solo afeta diretamente o sistema radicular das plantas e seu desenvolvimento ao longo do ciclo produtivo.

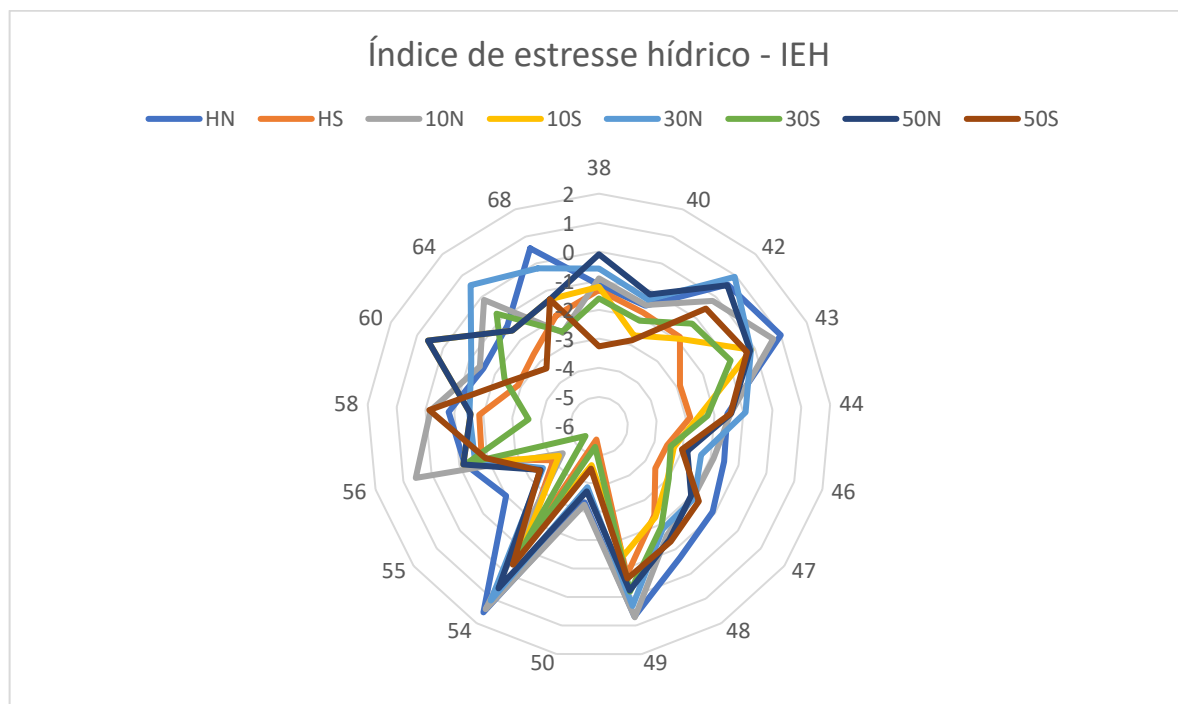


Figura 2: Índices de estresse hídrico (IEH)

Na Figura 3, observa-se que a superfície HN obteve os maiores valores médios de temperatura da cobertura vegetal, chegando a atingir 34,6 °C, devido a radiação solar ser mais intensa nessa superfície. Este aumento na temperatura tem ligação direta entre as relações fisiológicas e o crescimento celular da planta (Manhães et al., 2015).

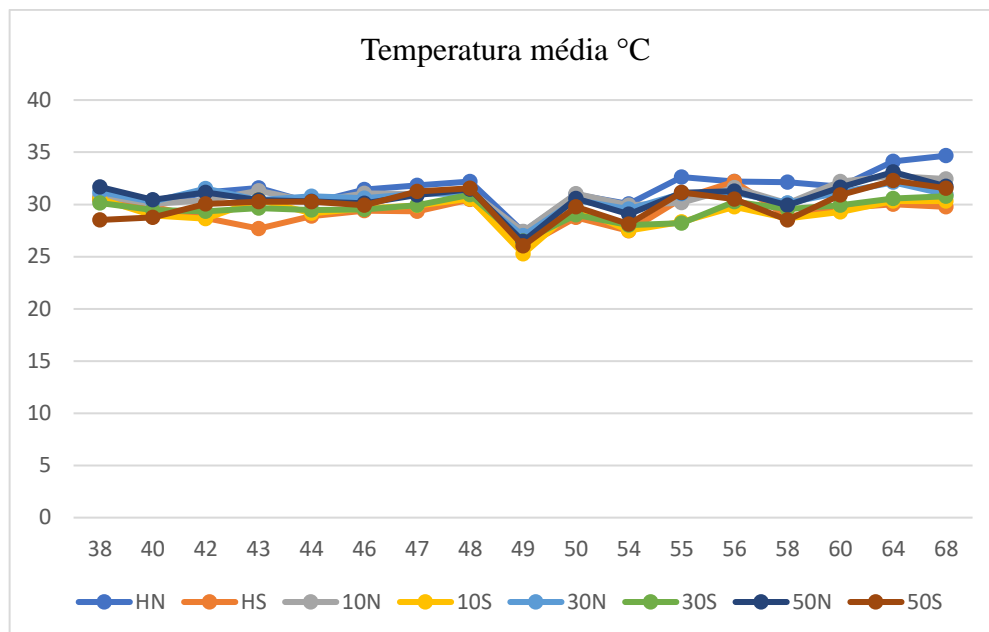


Figura 3: Temperatura média

Para Wang et al. (2010), em estresse hídrico as plantas respondem fisiologicamente aumentando sua temperatura, o que torna esta resposta ao ambiente um excelente índice do status hídrico da cultura em determinado momento, podendo-se dizer que a temperatura do dossel das plantas é uma variável de fundamental importância na avaliação e monitoramento do estresse hídrico.

CONCLUSÃO

O índice de estresse hídrico diário varia quando há diferença de declividade e exposição da superfície a que as plantas estão, ou seja, o momento de irrigar e a lâmina d'água são diferentes para cada superfície. Os maiores índices de IEH foram obtidos nos tratamentos com exposição norte.

REFERÊNCIAS

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: **FAO**, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje Paper, 56).

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 06457: preparação de amostras de solos para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro. 1986. Versão 2009

Andrioli, I.; Centurion, J. F. **Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, 1999. Anais... Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.1-4.

Carr, M. K. V.; Knox, J. W. The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*): A review. **Experimental Agriculture**, v.47, p.1-25, 2011.

Faria, 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, 2012.

Fernandes, E. J. Determinação do índice de estresse hídrico em cultura do feijoeiro com termômetro de infravermelho. **Irriga**, v.15, n.3, p.248, 2010.

Holanda, L. A.; Santos, C. M.; Sampaio Neto, G. D.; Sousa, A. de P.; Silva, M. de A. Variáveis morfológicas da cana-de-açúcar em função do regime hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Irriga**, v.19, p.573-584, 2015.

Idso, S. B.; Jackson, R. D.; Pinter, P. J.; Reginato, R. J.; Hatfield, J. L. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, v.24, p.45-55, 1981.

Jackson, R. D.; Reginato, R. J.; Idso, S. B. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements. **Water resources research**, v.13, p.651-656, 1977.

Morales, R. G. F.; Resende, L. V.; Bordini, I. C.; Galvão, A. G.; Rezende, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v.16, p.9-17, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v16i1.41042>

Manhães, C. M. C.; Garcia, R. F.; Francelino, F. M. A.; De Oliveira Francelino, H.; Coelho, F. C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v.17, n.1, p.163-181, 2015.

Sanmartin, J. P.; Acevedo, E. **Temperatura de canopia, CWSI e rendimento en genotipos de trigo**. 2001. 58 p. Laboratorio de Relación Suelo-Água-Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

Oliveira, A. R.; Braga, M. B.; Santos, B. L. S. Produção de biomassa de cana-de-açúcar no vale do São Francisco. **Energia na Agricultura**, v.29, p.27-38, 2014. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2014v29n1p27-38>

Silva, V. de P. R. da; Borges, C. J. R.; Albuquerque, W. G. Necessidades hídricas da cana-de-açúcar cultivada em clima tropical. Semina: **Ciências Agrárias**, v.35, p.625-632, 2014. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p625>

Taiz, L. & Zieger, E. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3° ed., Porto Alegre: **Artemed**, 2004. 719p.

Turco, J. E. P.; Pinotti Junior, M.; Rodrigues, T. J. D.; Fernandes, E. J. Desenvolvimento da cultura de soja em terrenos com diferentes exposições e declividades. **Engenharia Agrícola**, v.17, n.2, p.21-28, 1997.

Turco, J. E.; Milani, A. P.; Fernandes, E. J. **Adequacy of the Penman-Monteith method to irrigated surface with different exposures and declivity**. In: International Conference of Agricultural Engineering. 2012. Anais... Valencia: CIGR – AGENG 2012. CD Rom.

Wang, X.; Yang, W.; Wheaton, A.; Cooley, N.; Moran, B. Automated canopy temperature estimation via infrared thermography: a first step towards automated plant water stress monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.73, n.1, p.74-83, 2010.

CAPÍTULO 4 – Considerações finais

O aumento da produtividade das culturas é impulsionado pelo gerenciamento das atividades desenvolvidas no campo, visando a otimização do processo produtivo e é ferramenta indispensável para o desenvolvimento sustentável dos sistemas de cultivo, pois, com atividades pensadas, ocorrerá redução do desperdício de água e outros insumos. Isso impacta diretamente no retorno financeiro.

Para se conseguir que a produção seja sustentável, exige-se que haja análise das necessidades das culturas e a verificação das ofertas ambientais. O aumento da produtividade do milho foi possível devido à adoção de tecnologias modernas proporcionadas pela ciência, a exemplo do sistema plantio direto, da correção e da fertilização adequada do solo, técnicas de manejo integrado de plantas invasoras, aquisição de sementes com alta capacidade produtiva.

O acompanhar do desenvolvimento da cultura pode estabelecer ligação com as condições do ambiente. Esta forma possibilita avaliar e descrever corretamente o impacto de fenômenos que não são controlados. Ao entender corretamente a duração do ciclo e seus períodos críticos, é possível planejar a implantação e o manejo das culturas, evitando prejuízos por estresses climáticos e facilitar as atividades de condução das lavouras.

A produtividade de uma cultura é função da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas e da eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química através do processo fotossintético. A eficiência de interceptação de radiação solar aumenta rapidamente no início do ciclo do milho, devido ao aumento no índice de área foliar.

Devido a adequação às condições do clima, o milho produzido no Brasil tem sido negociado a preços atrativos no mercado internacional. Dessa forma, os produtores rurais sendo negociado a um preço competitivo no mercado internacional.

A exposição da cultura influenciou no desenvolvimento das variáveis diâmetro do colmo, massa de grãos, número de fileiras por espiga e produtividade, massa de mil grãos. Neste experimento, foi encontrada maior produtividade quando as plantas foram expostas ao sul,

O índice de estresse hídrico diário varia quando há diferença de declividade e exposição da superfície a que as plantas estão, ou seja, o momento de irrigar e a lâmina d'água são diferentes para cada superfície. Os maiores índices de IEH foram obtidos nos tratamentos com exposição norte.