



## PRODUTIVIDADE DO MILHO EM DIFERENTES EXPOSIÇÕES E DECLIVIDADES EM ESTAÇÃO CHUVOSA

José Eduardo Pitelli Turco<sup>1</sup>

Luiz Antonio Bonaldo Citrangulo<sup>2</sup>

Aislan de Oliveira Aguiar<sup>3</sup>

Carlos Eduardo Angeli Furlani<sup>4</sup>

Jean Lucas Pereira Oliveira<sup>5</sup>

### Recursos Hídricos e Qualidade da Água

#### Resumo

O milho é uma das culturas de grande importância no cenário agrícola mundial devido sua importante participação no setor alimentício, bem como suas exigências hídricas no decorrer do seu ciclo. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da interação entre exposição do terreno e declividades à radiação solar na produtividade da cultura do milho, em período chuvoso. O experimento foi conduzido na safra 2021/2022 no município de Jaboticabal, SP, Brasil, na FCAV/UNESP, em estrutura denominada “Bacia Hidrográfica Experimental”, utilizando superfícies caracterizadas como H (superfície horizontal), 20N e 40N (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição norte), 20S e 40S (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição sul) 20E e 40E (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição leste) e 20W e 40W (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição oeste). Foi avaliada a produtividade da cultura. 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. O excesso hídrico devido às chuvas influenciou na produtividade das superfícies H, 20N, 40N, 20S, 40S, 20E, 40E, 20W e 40W.

**Palavras-chave:** radiação solar no milho, produtividade, superfícies.

---

<sup>1</sup>Prof. Associado III – FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, jose.turco@unesp

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma - FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, luiz.citrangulo@unesp.br

<sup>3</sup>Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) -FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, aislan.aguiar@unesp.br

<sup>4</sup>Prof. Titular – FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, eduardo.furlani@unesp.br

<sup>5</sup>Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal) pela FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, jlp.oliveira@unesp.br



## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*L.) é um cereal de grande importância mundial pelo fato de ser utilizado tanto na alimentação humana quanto animal (SILVA et al., 2019). Se destaca em comparação a outras culturas, devido a fatores econômicos, características nutritivas e outros aspectos, assumindo grande papel socioeconômico (RODRIGUES et al., 2018).

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, 2015).

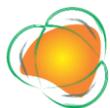
Os aspectos topográficos como a declividade do solo em conjunto com outros fatores da superfície do solo produzem uma variedade de situações ambientais, tais como: gradientes de umidade no solo entre o topo e a base da vertente; favorecimento do transporte de partículas de solo ao longo do perfil; interferência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

Além desses aspectos topográficos que exercem determinada influência na condição da qualidade física e química do solo, atributos climatológicos afetam o desenvolvimento e produtividade como a radiação solar, temperatura e umidade.

A determinação da radiação solar, segundo Coan (2012), bem como sua correlação com outros processos fisiológicos se tornam importantes para entender a expectativa de produção vegetal e ainda estabelecer critérios que nos permitem gerar novas propostas de manejo.

O milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados

Realização



ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (EMBRAPA, 2015).

A precipitação pluvial é o fator climático que mais interfere no crescimento, desenvolvimento e no rendimento agrícola do milho. (CARVALHO et al., 2013).

O milho é uma cultura sensível ao alagamento. Somente no sul da Ásia, 15% das plantações de milho são afetadas por encharcamento e, na Índia, o excesso de água é o segundo fator de estresse depois do déficit hídrico (EMBRAPA, 2015).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da interação entre exposição do terreno e declividades à radiação solar na produtividade da cultura do milho, em período chuvoso.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período de safra, com semeadura em 07 de dezembro de 2021 e colheita em 10 de março de 2022, em uma estrutura denominada “Bacia Hidrográfica Experimental”, descrita com detalhes por Turco et al., (1997), do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas 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. clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cwa.

Nessa estrutura foi realizado o experimento em superfícies de 10,5 m<sup>2</sup>, caracterizadas como H (superfície horizontal), 20N e 40N (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição norte), 20S e 40S (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição sul) 20E e 40E (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição leste) e 20W e 40W (superfícies com 20 e 40% de declividade e exposição oeste).

Os dados meteorológicos referentes a todo o período de condução do experimento foram obtidos em uma estação meteorológica automática da marca Davis Instruments. A estação encontra-se equipada com um sistema de aquisição de dados (Vantage Pro Plus Wireless).

### Realização



A radiação solar global em cada superfície foi estimada por meio da radiação solar global medida na horizontal, pela metodologia de Kondratyev (1977).

A quantidade de água aplicada nas superfícies foi determinada em função dos valores da  $ET_0$ , obtidos pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 2006).

O método de Penman-Monteith foi corrigido para cada superfície pelo método desenvolvido por Turco et al. (2012), com o uso do coeficiente da cultura ( $K_c$ ) inseridos ao longo do ciclo da cultura (0,3; 1,2 e 0,35).

$$ET_c = ET_0 K_c \text{ (Eq.1)}$$

Onde:  $ET_c$  é a evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $ET_0$  a evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ ) e  $K_c$  é o coeficiente da cultura.

A irrigação foi efetuada nas superfícies com turno de rega de sete dias.

A irrigação, do tipo gotejamento, em cada superfície foi realizada por meio da instalação de seis mangueiras de 3,5 m de comprimento, perfuradas a cada 20 cm, em toda a sua extensão.

O sistema de irrigação, do tipo gotejamento possui um reservatório que é alimentado pelo sistema de abastecimento da FCAV/UNESP e uma casa de bombas que possui uma bomba d'água que está acoplado um motor de indução trifásico de 1/3 CV.

Ao final do experimento foi realizada a colheita no dia 10/03/2022. Todos os grãos foram pesados e a produtividade calculada por meio do peso em três repetições.

A área útil das parcelas, as quais foram realizadas as avaliações, foi de  $4,5 \text{ m}^2$ , considerando 3 linhas de cultivo em cada superfície de área descrita mencionada acima.

As espigas foram debulhadas por meio de debulhadora mecânica no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV. Após debulha, os grãos foram pesados em balança de precisão com posterior ajuste do peso para a umidade (b.u.) de 13% seguindo as regras de Análise de Semente, onde os resultados foram obtidos pela seguinte equação:

#### Realização



$$P = i * \frac{(100-U)}{(100-13)} \text{ (Eq.2)}$$

Onde: P é a massa de grãos a 13 % de umidade, em kg; U o teor de água atual dos grãos, em % e I a massa inicial da amostra.

Após transformar a massa dos grãos à base de 13 %, a produção de grãos foi transformada em kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F seguido da aplicação do teste de Tukey (p<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as lâminas de d'água recebida pela cultura em cada superfície. A lâmina total recebida pelas superfícies H, 20N, 40N, 20S, 40S, 20E, 40E, 20W e 40W, foi 28,3, 28,11, 24,74, 21,73, 20,06, 28,76, 26,41, 21,32 e 21,87, respectivamente.

Tabela 1. Lâmina aplicada (mm) em cada superfície.

Data	Superfícies								
	H	20N	40N	20S	40S	20E	40E	20W	40W
17/1/22	1,89	1,84	1,01	0,27	---	2,00	1,43	0,15	0,31
24/1/22	20,60	20,48	18,42	16,57	15,43	20,88	19,44	16,26	16,66
21/2/22	5,81	5,78	5,31	4,89	4,63	5,87	5,54	4,82	4,91

As precipitações nas superfícies no período de condução do experimento, são apresentados nas Figuras 1, 2, 3, e 4. A quantidade total de água proveniente das chuvas foi de 563 mm. A quantidade de água consumida por plantas de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm (EMBRAPA 2015). A quantidade água proveniente de chuvas neste trabalho foi a necessária para o desenvolvimento da cultura, mas a frequência da mesma não foi tendo água no solo acima do exigido pela cultura, prejudicando o desenvolvimento dela.

### Realização

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).

O encharcamento ou alagamento intermitente (saturação hídrica temporária do solo) é um dos estresses abióticos de maior impacto na sobrevivência de plantas em muitas regiões do mundo. Solos com quantidades excessivas de água apresentam como característica problemas na aeração, o que leva à condição de baixa (hipoxia) ou nenhuma (anoxia) concentração de oxigênio. Sem oxigênio nas raízes, a respiração mitocondrial é bloqueada e a produção de energia fica restrita à fermentação com um rendimento de 2 ATPs. Além disso, a hipoxia diminui a condutividade hidráulica e afeta as aquaporinas, diminuindo a absorção de água e de nutrientes da raiz, além de diminuir a fotossíntese (EMBRAPA 2015)

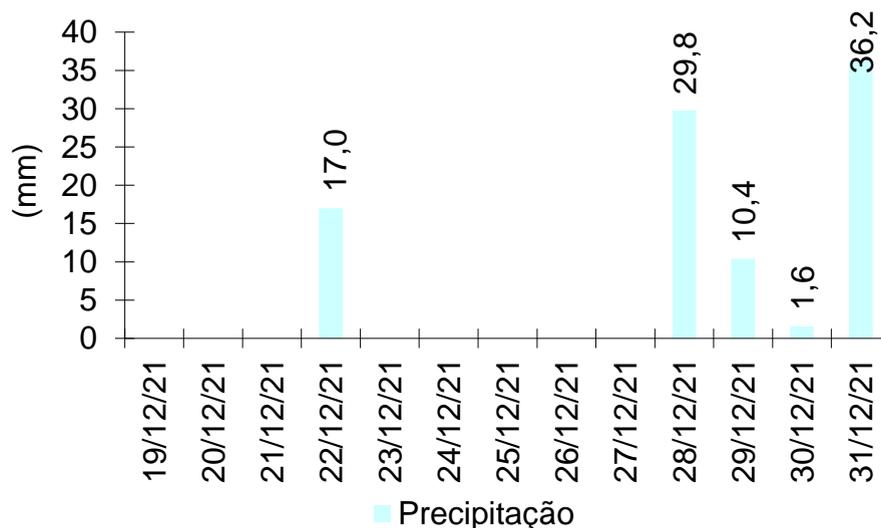


Figura 1. Precipitação nas superfícies em dezembro de 2021.

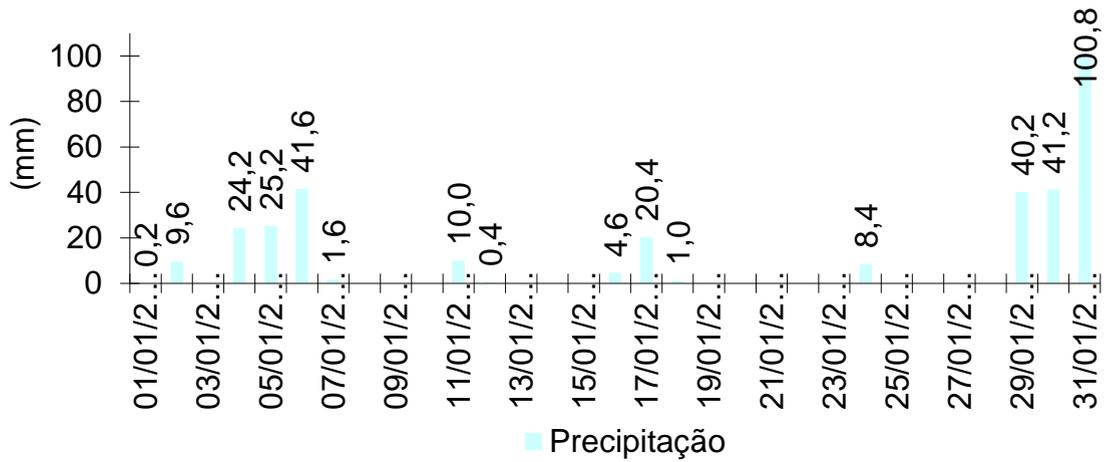


Figura 2. Precipitação nas superfícies em janeiro de 2022.

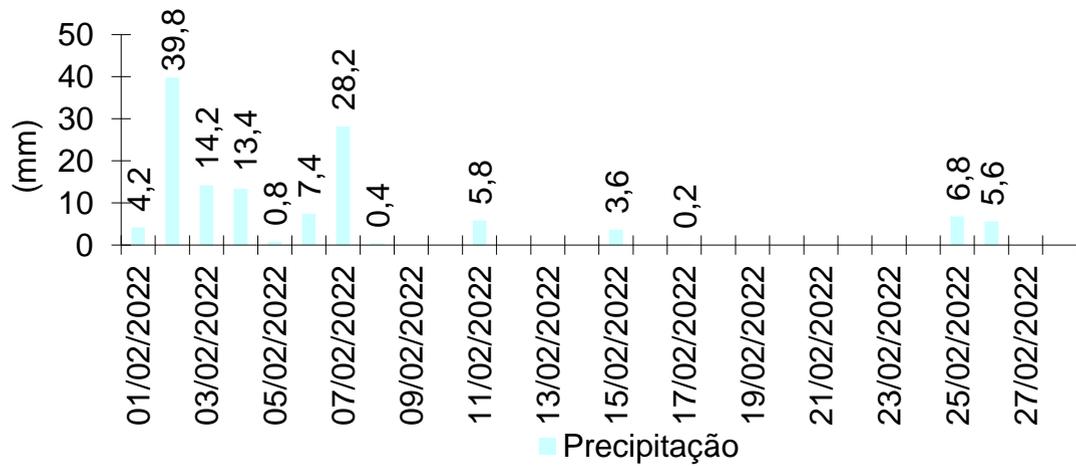


Figura 3. Precipitação nas superfícies em fevereiro de 2022.

Realização



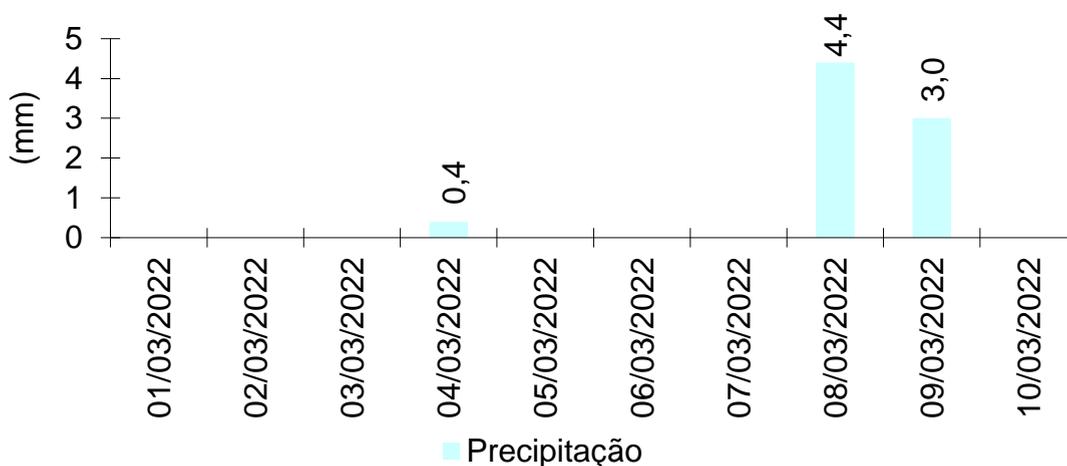


Figura 4. Precipitação nas superfícies em março de 2022.

Na Tabela 2 encontra-se o teste de médias de Tukey para a variável produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ). A variável das superfícies H, 20S - 20E, 40S - 20W, 40W, 20N, 40E e 40N, se diferenciaram significativamente. Quanto a variável das superfícies 20S - 20E e 40S - 20W não foi verificada nenhuma diferença significativa.

A superfície que teve a maior produtividade foi a H e a menor foi a 40N (Tabela 2). A maior produtividade está relacionada à quantidade de radiação incidente na cultura e o aproveitamento dela por parte da cultura do milho, convertendo em foto assimilados e, posteriormente, em grãos. Na superfície H, o aproveitamento da radiação incidente foi maior. A superfície 40N recebeu menores quantidades de radiação e este fato, pode ter influenciado no desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade (Figuras 5 e 6).



Tabela 2. Produtividade média do milho ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), Jaboticabal, SP, 2021/2022.

Superfícies	Produtividade	
	( $\text{Kg ha}^{-1}$ )	
Declividade - 0%	4.263,78	a
Norte - 20%	2.798,47	e
Norte - 40%	1.951,15	g
Sul - 20%	3.719,63	b
Sul - 40%	3.432,78	c
Leste - 20%	3.641,89	b
leste - 40%	2.324,28	f
Oeste - 20%	3.338,73	c
Oeste - 40%	3.078,31	d

Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). CV= 5,30%.

O trabalho desenvolvido é semelhante ao de Oliveira (2020), obtendo-se produtividades menores para as superfícies H, 20N, 40N, 20S, 40S, 20E, 40E, 20W e 40W. Provavelmente foi devido a ter ocorrido excesso hídrico devido às chuvas.

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).

Realização

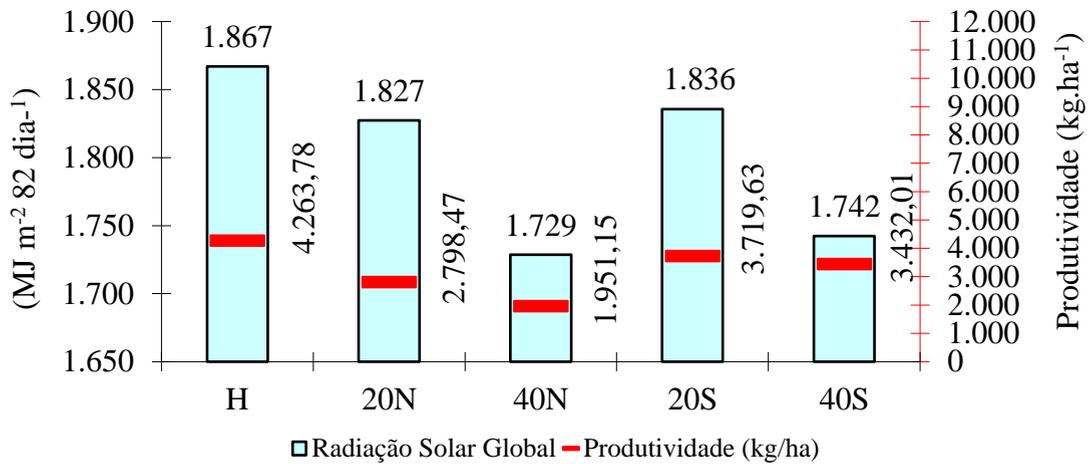


Figura 5. Radiação solar global acumulada e produtividade nas superfícies H, 20N, 20S, 40N e 40S.

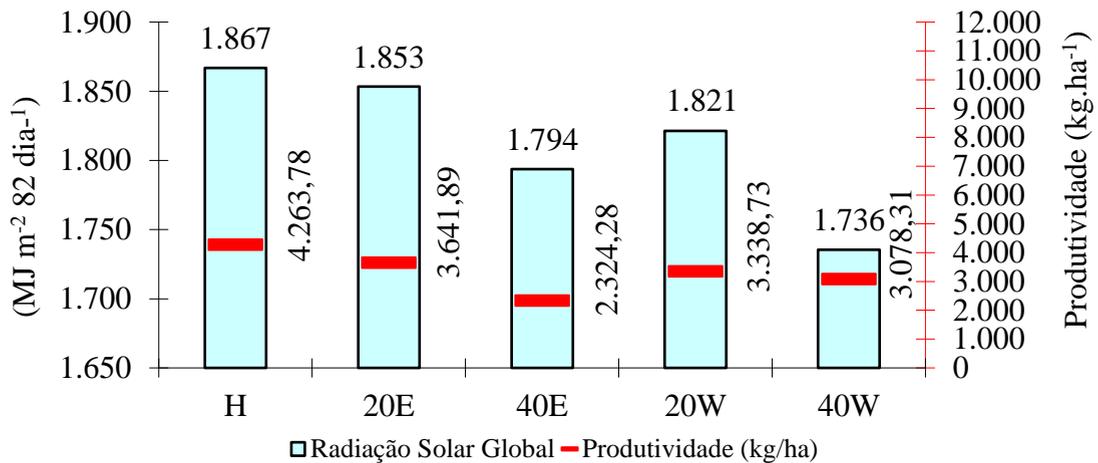


Figura 6. Radiação solar global acumulada e produtividade nas superfícies H, 20E, 40E, 20W, e 40 W.

## CONCLUSÕES

A produtividade das superfícies foi afetada pela radiação solar global recebida e pelo excesso hídrico devido às chuvas. A superfície que teve a maior produtividade foi a H e a menor foi a 40N.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FCAV - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal – UNESP pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio Riego e Drenaje, Paper 56).

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SILVA, E. C. Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño – Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.28, n.2, p. 192 - 198, 2013.

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.

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.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Milho – Sistemas de Produção Embrapa**. 331p, 2015. Disponível em:  
[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=3718&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=3821&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemas\\_deproducaolf6\\_1galceportlet&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_p\\_mode=view](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_state=normal&p_p_col_id=column-1&p_r_p_-996514994_topicoId=3718&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3821&p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemas_deproducaolf6_1galceportlet&p_p_col_count=1&p_p_mode=view)

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

OLIVEIRA, J. L. P. **Influência da declividade e exposição no desenvolvimento do milho (Zea mays L.)**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal/SP. 2020. 47p.

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

RAIJ, V. B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. **BOLETIM TÉCNICO Nº 100 2ª edição revisada e atualizada**. Boletim Técnico, IAC. Campinas, SP. 285p. 1997.

Realização



RODRIGUES, V. S.; SOUSA, G.G.; SARAIVA, S. E. L.; CARDOSO, E.R.C.; PEREIRA FILHO, J.V.; VIANA, T.V.A. Atributos químicos do solo em área cultivada com milho sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza. v.12, n.27, p.3129-3138, 2018.

SILVA, S.; SOARES, M. A. S.; NASCIMENTO, R.; TEODORO, I.; SILVA, C. A.; COSTA, C. T. S.; CARDOSO, J. A. F.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; LYRA, G. B.; MORAIS, M. A. F.; MOURA, A. H. Physiological and productive responses of maize submitted to irrigation depths at diferente seasons of cultivation. **International Journal of Development Research**, v. 09, n. 12, p. 32529-32536, 2019.

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 Agricola**, 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.

Realização