


**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Nitalo André Farias Machado  
Marcos Renan Lima Leite  
(Organizadores)**



# **Desafios e Perspectivas do Plantio Direto**

 **Atena**  
Editora

Ano 2019



**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Nitalo André Farias Machado  
Marcos Renan Lima Leite  
(Organizadores)**

# **Desafios e Perspectivas do Plantio Direto**

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
D441	<p>Desafios e perspectivas do plantio direto [recurso eletrônico] / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Nitalo André Farias Machado, Marcos Renan Lima Leite. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-723-9 DOI 10.22533/at.ed.239191710</p> <p>1. Agricultura. 2. Plantio direto. 3. Solos e nutrição de plantas. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano. II. Machado, Nitalo André Farias. III. Leite, Marcos Renan Lima.</p> <p style="text-align: right;">CDD 625.7</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O avanço tecnológico atrelado ao uso de práticas conservacionistas na agricultura tem permitido a expansão de novas fronteiras de cultivo e inserido o Brasil como um dos principais países no ranking da produção mundial, principalmente de commodities, participando ativamente no crescimento econômico do país.

A sustentabilidade na produção agrícola é uma concepção intimamente ligada com o uso de práticas conservacionistas. Atualmente, o sistema de plantio direto (SPD) é uma das principais práticas, esta foi implementada no Brasil desde meados da década de 70, que tem como preceito o manejo com o mínimo de revolvimento possível do solo, afim de garantir maior integridade de suas características naturais.

O SPD apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais pode-se destacar a redução de compactação do solo, causada pelo uso excessivo de máquinas pesadas, bem como elevada eficiência no controle da erosão, além da manutenção e aumento dos teores de matéria orgânica no solo, através do acúmulo de resíduos vegetais, promovendo melhorias dos aspectos químicos e biológicos, por preservar a microbiota do solo tão importante para interação benéfica microrganismos-plantas.

O leitor de Desafios e Perspectivas do Plantio Direto terá oportunidade de conhecer as discussões atuais sobre o SPD, pois esta obra apresenta trabalhos científicos com o viés do SPD sobre a avaliação de rendimentos, relações da ciclagem de nutrientes e os benefícios ao sistema radicular da cultura de interesse. Portanto, esta obra é direcionada a todos os técnicos, acadêmicos e profissionais de ciências agrárias no Brasil.

O conteúdo dessa obra aborda por meio de trabalhos atuais o uso do SPD com o objetivo ampliar o conhecimento sobre essa prática apontando desde fatores limitantes a resultados de caráter efetivo que estimulam o uso desse sistema de manejo. Nesse sentido, ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento e elucidar informações técnicas sobre o sistema de plantio direto. Desejamos uma ótima leitura.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Nítalo André Farias Machado  
Marcos Renan Lima Leite

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
“PRÓ-PALHA” UMA PARCERIA PARA DIFUSÃO DO PLANTIO DIRETO NO OESTE CATARINENSE	
Leandro do Prado Wildner Faustino Andreola	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2391917101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE FEIJOEIRO DE DIFERENTES TIPOS DE CRESCIMENTO NOS PLANTIOS DAS “ÁGUAS E SECA” SUBMETIDOS À APLICAÇÕES DE HERBICIDA PRÉ E PÓS EMERGENTE	
Rafael dos Anjos Nunes Fabrício Andrade Barbosa Brenda Ferreira Arantes Gisélia Gonçalves de Castro Clauber Barbosa de Alcântara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2391917102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
GRUPO AMIGOS DO SOLO (CHAPECÓ, SC): UMA TRAJETÓRIA DE 20 ANOS DE PLANTIO DIRETO	
Leandro do Prado Wildner Léo Pedro Schneider	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2391917103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>28</b>
INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR E ÁREA FOLIAR DO MILHO INFLUENCIADA PELO ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS	
Anderson Teruo Takasu Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues Renato Jaqueto Goes Flávio Hiroshi Kaneko Orivaldo Arf	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2391917104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>38</b>
NITROGÊNIO DE LIBERAÇÃO CONTROLADA NO ARROZ CULTIVADO SOB PALHADA EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE DO BRASIL	
Warlles Domingos Xavier João Vitor de Souza Silva Diogo Castilho Silva Vinicius Silva Sousa Thiago Albuquerque Turozi Solano Colodel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2391917105</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>46</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>47</b>

## INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR E ÁREA FOLIAR DO MILHO INFLUENCIADA PELO ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS

### **Anderson Teruo Takasu**

Universidade Estadual Paulista (UNESP) /  
Faculdade de Engenharia (FE), Ilha Solteira, SP.

### **Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues**

UNESP/FE, Departamento de Fitossanidade,  
Engenharia Rural e Solos, Ilha Solteira, SP.

### **Renato Jaqueto Goes**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
(UFMS), Chapadão do Sul, MS.

### **Flávio Hiroshi Kaneko**

Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
(UFTM), Iturama, MG.

### **Orivaldo Arf**

UNESP/FE, Departamento de Fitotecnia,  
Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Ilha  
Solteira, SP.

**RESUMO:** O manejo para proporcionar um adequado arranjo espacial de plantas na cultura do milho visa aumentar a interceptação da radiação solar, a produtividade do cereal, e resultar em rentabilidade ao produtor. Assim, com o estudo objetivou avaliar a influência da redução do espaçamento entrelinhas e o aumento de populações de plantas de milho no índice de área foliar e na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do milho no Cerrado. O experimento foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2011/12, no município de Selvíria-MS, em LATOSSOLO

VERMELHO Distrófico típico argiloso. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, sendo espaçamentos entrelinhas (0,45 e 0,90 m) e populações de plantas (40.000; 55.000; 70.000; 85.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados o índice de área foliar e a radiação fotossinteticamente ativa com auxílio do aparelho ceptômetro linear modelo AccuPAR LP-80 nos estádios V<sub>10</sub>, V<sub>T</sub> e R<sub>1</sub> de desenvolvimento da cultura do milho. Ocorreu aumento linear do índice de área foliar até o pendoamento com o incremento na população de plantas. A redução do espaçamento entrelinhas de semeadura do milho de 0,90 m para 0,45 m resulta em maior índice de área foliar até o pendoamento e aumento da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa no início do ciclo da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espaçamento reduzido. Índice de área foliar. População de plantas. Radiação fotossinteticamente ativa. *Zea mays* L.

### INTERCEPTION OF SOLAR RADIATION AND LEAF AREA OF CORN INFLUENCED BY THE SPATIAL ARRANGEMENT OF PLANTS

**ABSTRACT:** The management to provide an adequate spatial arrangement of plants in corn

crop aims to increase the interception of solar radiation, the productivity of the cereal, and result in profitability to the producer. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of reduction of spacing rows and the increase of corn plant populations in the leaf area index and in the interception of photosynthetically active radiation by the corn crop in the Cerrado. The experiment was developed during three agricultural years, 2011/12, in the town of Selvíria, in the State of Mato Grosso do Sul, in typical clayey Dystrophic Oxisol. The experimental design was a randomized block, in a 2 x 5 factorial scheme, between rows (0.45 and 0.90 m) and plant populations (40,000; 55,000; 70,000; 85,000 and 100,000 plants ha<sup>-1</sup>). Leaf area index and photosynthetically active radiation were evaluated using the AccuPAR LP-80 linear ceptometer apparatus at the V10, VT and R1 stages of corn crop development. There was a linear increase in the leaf area index until the growth of the plant population. The reduction of the spacing between rows of corn sowing from 0.90 m to 0.45 m results in a higher index of leaf area to the laying and increased interception of photosynthetically active radiation at the beginning of the crop cycle.

**KEYWORDS:** Reduced spacing. Leaf area index. Photosynthetically active radiation. Plant population

## 1 | INTRODUÇÃO

A cultura do milho apresenta algumas particularidades quando comparada ao cultivo de outros cereais de interesse agrícola como o fato de não apresentar um mecanismo eficiente de compensação de espaços de eventuais falhas de emergência (ARGENTA et al., 2001), pois praticamente não ocorre perfilhamento, além de possuir baixa capacidade de expansão foliar e prolificidade limitadas (ANDRADE et al., 1999; STRIEDER et al., 2007).

Um dos fatores para aumentar a produtividade da cultura é decorrente da quantidade absorvida de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas folhas e pela eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química através da fotossíntese, sendo dependente da eficácia com que a mesma é interceptada. A eficiência de interceptação de RFA é resultado da área de captação da radiação pelo dossel vegetal, índice de área foliar (IAF), e da arquitetura foliar, que varia com o ângulo e formato das folhas (VARLET-GRANCHER et al., 1989).

No que concerne ao aproveitamento de luz, o IAF é um parâmetro que permite estimar o grau de desenvolvimento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante. Ainda, o IAF que determina a taxa máxima de crescimento é conhecido como IAF crítico, o qual varia em função do ambiente que a planta estiver submetida e para a cultura do milho compreende entre os valores de 3 a 5 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, de acordo com a região, genótipo e sistema de produção considerados (FANCELLI, 2008).

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) aumenta rapidamente no início do ciclo do milho, devido ao aumento no IAF, porém, na



medida em que IAF aumenta, há crescente sombreamento no interior do dossel, resultando em acréscimos menores na eficiência de interceptação (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014), portanto, para a obtenção de elevadas produtividades da cultura do milho é importante maximizar a IRFA, por meio do manejo adequado do arranjo espacial de plantas (BRACHTVOGEL et al., 2012), que são intrínsecos as populações de plantas e ao espaçamento entrelinhas de semeadura.

Com a redução do espaçamento entrelinhas de semeadura objetiva-se encurtar o tempo necessário para que a cultura intercepte o máximo da radiação solar incidente e amplie a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo, desta forma, o melhor arranjo de plantas, teoricamente, é aquele que proporciona distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura e o melhor aproveitamento do ambiente, possibilitando aumentar a eficiência da IRFA e minimizar a concorrência por luz, água e nutrientes (ARGENTA et al., 2001; KUNZ et al., 2007).

A população de plantas é uma das práticas culturais que mais afeta a produtividade de grãos de milho (ALMEIDA; SANGOI, 1996). Para Sangoi e Silva (2006) a população e o arranjo de plantas são considerados fatores fundamentais para maximizar o uso do ambiente pelo milho, já que permitem ajustar a cultura à disponibilidade de radiação solar da região ou da época de cultivo.

Pode-se prever um aumento da interceptação da luz quando se reduz o espaçamento entrelinhas e aumenta a população de plantas (ROSENTHAL et al., 1989), o que, na maioria dos casos, promove aumentos na produtividade de grãos de milho (KARLEN; CAMP, 1985). Este incremento, resultante da utilização de menores espaçamentos e maiores populações é consequência da melhor distribuição de plantas na área, que evita a excessiva competição, a qual somente ocorre quando a população de plantas é excessivamente alta ou quando há limitação de nutrientes e água (MUNDSTOCK, 1977). Portanto, a produtividade de grãos de milho aumenta com o incremento na população de plantas até atingir um nível ótimo, que é determinado pelo genótipo e pelas condições do ambiente e diminui com posteriores aumentos na população.

Assim, com o presente estudo objetivou-se avaliar a influência da redução do espaçamento entrelinhas e aumento de populações de plantas de milho no índice de área foliar e na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do milho no Cerrado.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia (FE) de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria - MS (20°20'S e 51°24'W), com 335 metros de altitude. O solo do local é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2018).

A temperatura média anual mínima de 19°C e máxima de 31°C, com precipitação média anual de 1.313 mm e umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80% (PORTUGAL et al., 2015). Na Figura 1 encontram-se os dados climáticos diários de umidade relativa, precipitação e temperatura média do ar, registrados durante a condução do experimento na Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE.

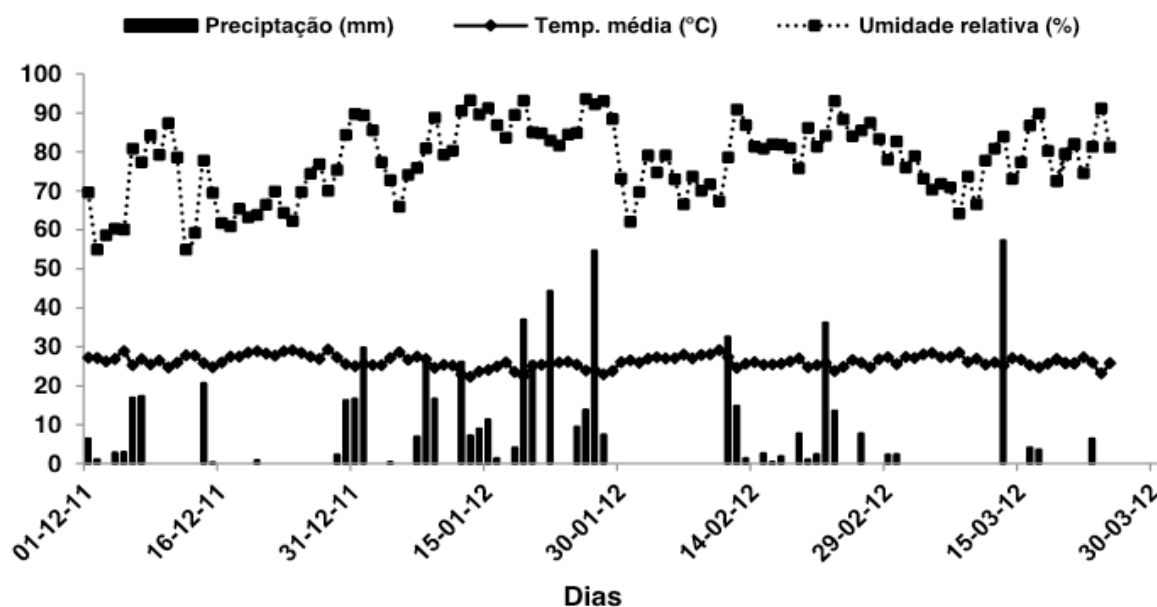


Figura 1. Valores diários de umidade relativa, precipitação e temperatura média do ar, que foram registrados durante o período do experimento. Selvíria, MS, 2011/12.

Antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens do solo na profundidade de 0 a 0,20 m, para a determinação dos atributos químicos do solo conforme metodologia descrita por Raij *et al.* (2001), cujo resultado revelou os seguintes valores: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,7; P<sub>(resina)</sub> = 29 mg dm<sup>-3</sup>; K = 2,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 13 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 36 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 21,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e CTC = 57,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; 19,0 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica e saturação por bases (V%) = 38.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, totalizando 10 tratamentos, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre espaçamentos entrelinhas de semeadura (0,45 e 0,90 m) e populações de plantas (40.000; 55.000; 70.000; 85.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

O experimento foi conduzido em sistema plantio direto sobre os restos vegetais da cultura do arroz. Duas semanas antes de iniciar a implantação do experimento na área, foi realizada a dessecação da soca do arroz e controle de plantas daninhas com aplicação de glifosato (900 g ha<sup>-1</sup> do i.a).

A semeadura foi realizada em 06 de dezembro de 2011, com matracas, sendo as covas espaçadas de forma equidistante, de acordo com a população desejada e o espaçamento utilizado. O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390 PRO (DEKALB®), híbrido simples de ciclo precoce. As sementes foram tratadas com imidacloprido +

tiodicarbe (37,5 + 112,5 g do i.a.) por 100 kg. As parcelas foram constituídas por seis e quatro linhas de 4,5 m de comprimento para os espaçamentos de 0,45 e 0,90 m entrelinhas, respectivamente.

Na adubação de semeadura utilizou-se 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-30-10. A adubação nitrogenada e potássica em cobertura foram realizadas quando as plantas apresentavam seis folhas expandidas, a dose utilizada foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N como fonte uréia e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, seguida de irrigação por carretel autopropelido (lâmina de aproximadamente 13 mm) para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia. Sempre que necessário realizou-se a irrigação com este mesmo carretel. Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência foram utilizados herbicidas atrazina (1000,0 g i.a ha<sup>-1</sup>) + tembotriona (105,0 g i.a ha<sup>-1</sup>) na forma de mistura no estágio V<sub>6</sub> da cultura, adicionou-se a calda de aplicação o adjuvante éster metilado de óleo de soja (720 g ha<sup>-1</sup> do i.a.).

Para a avaliação foram utilizadas as quatro e as duas linhas centrais nos espaçamentos de 0,45 e 0,90 m entrelinhas, respectivamente, constituindo a área útil da parcela. As leituras do IAF e da RFA foram realizadas nos estádios V<sub>10</sub>, V<sub>T</sub> (pendoamento) e R<sub>1</sub> (embonecamento), sempre no período da manhã, com início as 10h00min. Foram realizadas três leituras na área útil de cada parcela, de forma aleatória, da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) acima e abaixo do dossel das plantas de milho, com o auxílio do aparelho ceptômetro linear modelo AccuPAR model LP-80® (Decagon, Pullman, WA, EUA). O ceptômetro linear é usado para medir a interceptação de luz no dossel vegetal e para calcular o IAF. É constituído por um microprocessador *datalogger* que interpreta os sinais dos sensores calculando o valor médio de cada segmento especificado, mede a radiação fotossinteticamente ativa de 400-700 nm e exibe em unidades de micromols por metro quadrado por segundo ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) pelas plantas de milho foi calculada utilizando a equação 1.

$$\% \text{ IRFA} = [(\text{ARFA} - \text{TRFA}) / \text{ARFA}] \times 100 \quad (1)$$

Onde, IRFA é o índice de radiação solar interceptada em %; ARFA e TRFA referem-se, respectivamente, às leituras acima e abaixo do dossel das plantas de milho.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância, utilizando o software ESTAT, aos níveis de 1% e 5% de probabilidade. As médias referentes aos espaçamentos entrelinhas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos significativos das populações de plantas e suas interações foram realizados análise de regressão polinomial.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao índice de área foliar (IAF) foi observada diferença significativa para o espaçamento entrelinhas nos estádios  $V_{10}$  e  $V_T$ , com maiores IAF quando o milho foi cultivado em espaçamento reduzido (Tabela 1). Também nesses dois estádios verificou-se ajuste linear crescente para o IAF à medida que houve incremento da população de plantas. Esse comportamento é comum na cultura do milho, pois sua área foliar é pouco afetada por variações na população, em virtude da baixa plasticidade vegetativa da espécie (ARGENTA et al., 2001; PIANA et al., 2008). Foi observada interação significativa para o IAF no estádio  $R_1$  entre os fatores avaliados.

Com o presente estudo pôde-se constatar que provavelmente devido a melhor distribuição de plantas de milho no espaçamento reduzido, menor competição intraespecífica por luz principalmente, resultou em incremento no IAF neste tratamento. Segundo Lauer et al. (2004), o milho deve alcançar valores de IAF entre 4 e 5, no florescimento, para otimizar seu desempenho agrônomo. No presente estudo, o IAF foi superior a 5 em todos os tratamentos a partir do estádio  $V_T$  (pendoamento).

Tratamentos	$V_{10}$	Estádios		
		$V_T$	$R_1$	
Espaçamento (E)	0,45 m	3,66 a	6,85 a	6,90
	0,90 m	3,14 b	6,17 b	5,94
Populações de plantas (P) (plantas ha <sup>-1</sup> )	40.000	2,77 <sup>(2)</sup>	5,52 <sup>(3)</sup>	5,50
	55.000	3,02	5,58	6,11
	70.000	3,64	7,22	6,86
	85.000	3,52	7,44	7,60
	100.000	4,06	6,79	6,03
Teste F	E	4,81 *	4,35 *	32,35 ..
	P	3,68 *	6,30 **	18,43 ..
	E x P	0,82 ns	0,74 ns	4,28 ..
CV (%)		27,15	19,22	10,27

Tabela 1. Valores médios de índice de área foliar (IAF) nos estádios  $V_{10}$ ,  $V_T$  e  $R_1$  da cultura do milho em função de diferentes espaçamentos entrelinhas e populações de plantas. Selvíria (MS), Brasil, 2011/2012<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> ns – não significativo; \*\* e \* – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação. <sup>(2)</sup> $Y=1,96+2,05x10^{-5}X$ ;  $R^2=0,90$ . <sup>(3)</sup> $Y=4,45+2,93x10^{-5}X$ ;  $R^2=0,58$ .

Sangoi et al. (2011) obtiveram resultados contrários ao presente estudo com maiores IAF em densidades com 3 plantas m<sup>-2</sup>, atribuindo tal resposta devido o perfilhamento nessas menores populações, que aumentou a plasticidade vegetativa

do milho, tendo propiciado condições para alcançar o IAF crítico na floração, mesmo com populações subótimas.

No desdobramento da interação significativa para o IAF no estágio  $R_1$  (Tabela 2), observou maiores IAF quando utilizou a população de 40, 50, 70 e 100 mil plantas  $ha^{-1}$  no espaçamento de 0,45 m entrelinhas em relação ao espaçamento de 0,90 m. Para a população dentro de cada espaçamento verificou ajuste quadrático tanto para o espaçamento de 0,45 m como o de 0,90 m com máximo de IAF com 73.076 plantas  $ha^{-1}$  e 79.583 plantas  $ha^{-1}$  respectivamente. Com isso, constatou que há possibilidade de aumentar a população de plantas sem que ocorra prejuízo ao IAF ou competição intraespecífica por luz principalmente, além de não afetar o bom desenvolvimento das plantas.

Espaçamento entrelinhas (m)	Populações de plantas (plantas $ha^{-1}$ )				
	40.000	55.000	70.000	85.000	100.000
0,45 <sup>(2)</sup>	5,90 a	7,12 a	7,71 a	7,53 a	6,47 a
0,90 <sup>(3)</sup>	5,11 b	5,09 b	6,22 b	7,67 a	5,60 b

Tabela 2 - Desdobramento da interação significativa entre espaçamento entrelinhas e populações de plantas para o índice de área foliar no estágio  $R_1$  na cultura do milho. Selvíria (MS), Brasil, 2011/2012<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. <sup>(2)</sup>  $Y=1,30+2,47 \times 10^{-4} X-1,69 \times 10^{-9} X^2$ ;  $R^2=0,99$  (PM=73.076 plantas  $ha^{-1}$ ). <sup>(3)</sup>  $Y=1,06+1,91 \times 10^{-4} X-1,2 \times 10^{-9} X^2$ ;  $R^2=0,50$  (PM=79.583 plantas  $ha^{-1}$ ).

No tocante a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) verificou-se diferença significativa no estágio  $V_{10}$  com maior interceptação ao reduzir o espaçamento entrelinhas de semeadura do milho (Tabela 3). Possivelmente devido a melhor distribuição das plantas na área, acarretando no melhor desenvolvimento inicial da cultura. Para as populações de plantas constataram-se diferenças significativas no estágio  $V_T$  com efeito quadrático e maior IRFA ao utilizar a população de 79.400 plantas  $ha^{-1}$ . Foi observada interação significativa para IRFA no estágio  $R_1$  entre os fatores avaliados.

Um dos problemas da adoção de baixas populações em milho é a redução na IRFA (PIANA et al., 2008), em razão do não perfilhamento e do baixo incremento no número e no tamanho das folhas (MADONNI et al., 2001).

Kunz et al. (2007) verificaram que numa mesma densidade de plantas, houve aumento da eficiência de IRFA com a redução do espaçamento entrelinhas de semeadura. Isso ocorreu devido à distribuição mais equidistante entre as plantas, que possibilitou a ocupação mais rápida do espaço entre as linhas, durante o período de crescimento. Além disso, menores espaçamentos podem permitir melhor arquitetura foliar, favorecendo a IRFA, tendendo a reduzir a competição por água e nutrientes (JOHNSON et al., 1998). Resultados semelhantes foram encontrados por Sangoi

et al. (2011) que também verificaram maior IRFA quando reduziram o espaçamento entrelinhas de 1,0 para 0,40m.

Tratamentos	V <sub>10</sub>	Estádios		
		V <sub>T</sub>	R <sub>1</sub>	
Espaçamento (E)	0,45 m	81 a	92	97
	0,90 m	72 b	88	92
Populações de plantas (P) (plantas ha <sup>-1</sup> )	40.000	68	82 <sup>(2)</sup>	90
	55.000	73	87	93
	70.000	80	95	96
	85.000	80	94	98
	100.000	83	90	94
Teste F	E	6,06 *	2,45 ns	39,81 **
	P	2,48 ns	4,31 **	14,18 **
	E x P	0,67 ns	0,98 ns	6,15 **
CV (%)		17,79	9,95	2,70

Tabela 3. Valores de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA - %), nos estádios V<sub>10</sub>, V<sub>T</sub> e R<sub>1</sub> na cultura do milho em função de diferentes espaçamentos entrelinhas e populações de plantas. Selvíria (MS), Brasil, 2011/2012<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> ns – não significativo; \*\* e \* – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação. <sup>(2)</sup>Y= 40+1,35x10<sup>-9</sup>X-8,5x10<sup>-9</sup>X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>=0,92 (PM = 79.400 plantas ha<sup>-1</sup>).

No desdobramento da interação significativa para o IRFA no estádio R<sub>1</sub> (Tabela 4), verificou-se maior interceptação quando a população de 40, 50, 70 e 100 mil plantas ha<sup>-1</sup> foi cultivado em espaçamento reduzido de 0,45 m. Para a população dentro de cada espaçamento constatou ajuste quadrático com maior IRFA no espaçamento de 0,45 m com população de 72.779 plantas ha<sup>-1</sup> e em 0,90 m com população de 84.663 plantas ha<sup>-1</sup>. Foi observado que tanto no espaçamento 0,90 m quanto no de 0,45 m é possível aumentar a população de plantas sem que haja redução na IRFA pela cultura.

Espaçamento entrelinhas (m)	Populações de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )				
	40.000	55.000	70.000	85.000	100.000
0,45 <sup>(2)</sup>	94 a	98 a	98 a	97 a	96 a
0,90 <sup>(3)</sup>	87 b	89 b	94 b	98 a	93 b

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa entre espaçamento entrelinhas e populações de plantas para a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa no estádio R<sub>1</sub> na cultura do milho. Selvíria (MS), Brasil, 2011/2012<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. <sup>(2)</sup>Y=79,66+5,08x10<sup>-4</sup>X-3,49x10<sup>-9</sup>X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>=0,85 (PM=72.779 plantas ha<sup>-1</sup>). <sup>(3)</sup>Y=61,20+8,06x10<sup>-4</sup>X-4,76x10<sup>-9</sup>X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>=0,80 (PM=84.663 plantas ha<sup>-1</sup>).

Isso indica que, independentemente do arranjo de plantas, população ou

espaçamento, o dossel alcançou o IAF crítico, definido por Andrade e Sadras (2003) como aquele necessário para interceptar 90% da radiação incidente, visto que no estágio  $R_1$  praticamente todos os tratamentos apresentavam IRFA acima do valor referência.

## 4 | CONCLUSÕES

1 – Ocorreu aumento linear do índice de área foliar até o pendoamento com o incremento na população de plantas.

2 - A redução do espaçamento entrelinhas de semeadura do milho de 0,90 m para 0,45 m resulta em maior índice de área foliar até o pendoamento e aumento da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa no início do ciclo da cultura.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 179-183, 1996.
- ANDRADE, F.H.; VEGA, C.; UHART, S.; CIRILO, A.; CANTARERO, M.; VALENTINUZ, O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.37, p.441-447, 1999.
- ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. **Bases para el manejo del maíz, el girassol e la soja**. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2003. 443p.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1075-1084, 2001.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2014. 85 p.
- BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; ABREU, M.L.; BICUDO, S.J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v.6, n.1, p.75-83, 2012.
- FANCELLI, A.L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.
- JOHNSON, G.A.; HOVERSTAD, T.R.; GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, p.40-46, 1998.
- KARLEN, D.L.; CAMP, C.R. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic coastal plain. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 393-398, 1985.
- 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**, Brasília, DF, v. 42, p. 1511-1520, 2007.
- LAUER, J.G.; ROTH, G.W.; BERTRAM, M.G. Impact of defoliation on corn forage yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, p.14591463, 2004.

- MADDONNI, G.A.; CHELLE, M.; DROUET, J.L.; ANDRIEU, B. Light interception of contrasting azimuth canopies under square and rectangular plant spatial distributions: simulations and crop measurements. **Field Crops Research**, v.70, p.1-13, 2001.
- MUNDSTOCK, C.M. Milho: distribuição da distância entre linhas. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, n. 299, p. 28-29, 1977.
- PIANA, A.T.; SILVA, P.R.F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M. da S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.26082612, 2008.
- PORTUGAL, J.R.; PERES, A.R.; RODRIGUES, R.A.F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF, O.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.; FERRARI, S. (ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAP, 2015. Cap. 4, p. 65-75.
- ROSENTHAL, W.D.; VANDERLIP, R.L.; JACKSON, B.S.; ARKIN, G.F. **SORKAM**: a grain sorghum crop growth model. College Station: Texas Agricultural Experimental Station., 1989. (Rep. MP-1699).
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. Densidade e arranjo populacional em milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2006. **Anais...** Disponível em:< [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/Densidade/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; Vargas, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.5, p. 609-616, 2011.
- SANQUETTA, C.R.; BEHLING, A.; CORTE, A.P.D.; CADORI, G.C.; JUNIOR, S.C.; MACEDO, J.H.P. Eficiência de conversão da radiação fotossintética interceptada em fitomassa de mudas de *Eucalyptus dunii* Maiden em função da densidade de plantas e do ambiente de cultivo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42(104), 573-580, 2014.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, Embrapa, 2018. 590 p.
- STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.A. da; ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.634-642, 2007.
- STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 309-317, 2008.
- VARLET-GRANCHER, C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M.; SINOQUET, H.; BONHOMME, R.; ALLIRAND, J.M. Mise au point: Rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, v.9, p.419-439, 1989.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adubação nitrogenada 32, 38, 44  
Agricultura conservacionista 1, 5, 9, 19, 20, 22  
Arroz irrigado 38, 39, 42, 43, 44, 45  
Associativismo 19, 26

### C

Clube da Minhoca 19, 20, 21, 22  
Clube dos Amigos da Terra - CAT 19, 47  
Cobertura do solo 1, 2, 4, 6, 9, 13, 14, 15

### D

Difusão de tecnologia 1

### E

Erosão 1, 20, 23  
Espaçamento reduzido 28, 33, 35

### F

FEBRAPDP 5, 6, 19, 20, 22, 25, 26, 27  
Feijão 1, 3, 4, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 37  
Fontes de liberação lenta 38

### H

Herbicidas 4, 11, 16, 17, 32

### I

Índice de área foliar 28, 29, 30, 33, 34, 36

### O

Organização de agricultores 19  
*Oryza sativa* 38, 39

### P

Plantas daninhas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 31, 32  
População de plantas 28, 30, 33, 34, 35, 36  
Produtividade de grãos 30, 38, 41, 42, 45

## R

Radiação fotossinteticamente ativa 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36

## Z

*Zea mays* L 28

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-723-9



9 788572 477239