

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Consórcio milho-*panicum* na produtividade de milho e da soja em
sucessão

Lucas Freitas Nogueira Souza

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

Lucas Freitas Nogueira Souza
Engenheiro Agrônomo

Consórcio milho-*panicum* na produtividade de milho e da soja em sucessão
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ LAÉRCIO FAVARIN

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia.

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Souza, Lucas Freitas Nogueira

Consórcio milho-*panicum* na produtividade de milho e da soja em sucessão / Lucas Freitas Nogueira Souza. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2020.

36 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Zea mays* L. 2. *Panicum maximum* 3. *Glycine max* (L.) Merr. 4. Plantio direto I. Título

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos meus pais, João Luiz e Marisa, que me permitiram chegar até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Laércio Favarin, pelas conversas, ensinamentos e paciência.

Aos doutores, Silas e Rodrigo, por todo ensinamento, paciência e companheirismo que foram imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Mazzafera, pelo apoio, ensinamentos e companheirismo.

Aos meus colegas de laboratório, por tornarem essa trajetória mais divertida e por me apoiarem em todos os momentos.

Ao Edson, por estar sempre com um sorriso no rosto e disposto a ajudar no que fosse preciso.

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, que tornou possível meu sonho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Por fim, agradeço aos meus familiares e a todos os amigos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a conclusão deste projeto.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1. Área experimental	11
2.2. Tratamentos	12
2.3. Manejo	12
2.4. Coleta dos dados	14
3. RESULTADOS	17
3.1. Safra de milho	17
3.2. Entressafra	19
3.3. Safra de soja	21
4. DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	31

RESUMO

Consórcio milho-*panicum* na produtividade de milho e da soja em sucessão

O consórcio de milho (*Zea mays* L.) com forrageiras tropicais é o único sistema de produção capaz de fornecer resíduos vegetais necessários à proteção do solo contra a erosão e evitar o aquecimento excessivo da camada superficial. Forrageiras do gênero *Panicum* (sin. *Megathyrsus*) são apropriadas para essa finalidade, pois produzem grande quantidade de biomassa e de qualidade (C/N alta e maior teor de lignina se comparada as outras forrageiras). Apesar desses atributos, pouco se sabe sobre a influência da população dessas plantas consorciada com o milho. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a interferência das populações de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça consorciada com o milho de segunda safra sobre a produtividade desse cereal, acúmulo de biomassa e produtividade da soja semeada no ciclo seguinte. Adotou-se quatro tratamentos em relação à população de *Panicum* consorciado com milho (3, 6, 12 e 18 plantas por m²) e um tratamento controle (milho em monocultivo). Os tratamentos com as diferentes populações de *Panicum* foram subdivididos em manejo com desfolha e manejo sem desfolha da forrageira (simulação com e sem pastejo animal). A produtividade do milho reduziu 14,9% quando havia 18 plantas por m², embora tenha aumentado 250% a produção de biomassa de *Panicum*. A produtividade da soja na sucessão milho-*Panicum* aumentou 160% com o aumento da biomassa (milho-*Panicum*) depositada sobre o solo, antes da semeadura da leguminosa. A desfolha da forrageira diminuiu a massa de forragem e a proteção do solo por ocasião da semeadura da soja. A menor população da forrageira no consórcio (3 plantas por m²) diminuiu a população de soja na ausência da desfolha. Assim, apesar da perda de produtividade de milho consorciado com *Panicum*, a quantidade de biomassa produzida e o aumento da produtividade da soja em sucessão podem tornar esse sistema uma opção viável agronomicamente à manutenção da semeadura direta, sem a lavração do solo.

Palavras-chave: *Zea mays* L., *Panicum maximum*, Integração lavoura-pecuária, Plantio direto, *Glycine max* (L.) Merr.

ABSTRACT

Maize-panicum intercrop on the productivity of maize and soybean in succession

The intercrop of maize (*Zea mays* L.) with tropical forages is the only production system capable of producing the necessary amount of plant residues to protect the soil against erosion and avoid overheating the surface layer in the tropics. Forages of the genus *Panicum* (syn. *Megathyrsus*) are suitable for this purpose, as they produce a large amount of biomass with quality (high C / N and higher lignin content compared to other forages). Despite these attributes, little is known about the influence of the population of these plants intercropped with maize. This research was carried out with the objective of evaluate the interference of the populations of *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombasa intercropped with late season maize on the productivity of this cereal, accumulation of biomass and productivity of soybean sown in the next cycle. Four treatments were adopted in relation to the *Panicum* population intercropped with corn (3, 6, 12 and 18 plants per m²) and one control treatment (maize in monoculture). Treatments with different *Panicum* populations were subdivided in two management, with and without defoliation of forage (grazing simulation). Maize productivity decreased by 14.9% when there were 18 plants per m², although *Panicum*'s biomass production increased by 250% on this population. Soybean productivity in the next cycle sowed on maize-*Panicum* intercropping increased 160% with the biomass enhance (maize-*Panicum*) deposited on the soil, before the sowing of the legume. The defoliation of forage decreased the mass of forage and the protection of the soil during the soybean sowing. The smallest forage population in the intercrop system (3 plants per m²) decreased the soybean population in the absence of defoliation. Thus, despite the loss of productivity of corn intercropped with *Panicum*, the amount of biomass produced and the increase in productivity of soybean in succession can make this system a viable option for maintaining a no-till agriculture in the tropics, without soil plowing.

Keywords: *Zea mays* L.; *Panicum maximum*, Crop-livestock integration, No-tillage, *Glycine max* (L.) Merr.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil se concentra, basicamente, em dois climas bem distintos: subtropical e tropical. O ambiente subtropical úmido abrange 13,7% do país e a zona tropical cerca de 81,4% (ALVARES et al., 2013). Estas duas regiões climáticas diferem, principalmente, na distribuição das chuvas e na temperatura média anual.

A zona subtropical úmida localiza-se em latitude superior a 23° LS (Trópico de Capricórnio), tem precipitações bem distribuídas ao longo do ano, não possui uma estação seca definida e sua temperatura média anual fica entre 14 °C e 20 °C (ALVARES et al., 2013). Já a zona tropical, onde situa-se a maior parte da agricultura brasileira, localiza-se entre as latitudes 23° LN (Trópico de Câncer) e 23° LS (Trópico de Capricórnio), apresentando duas estações bem definidas, uma relativamente seca, entre abril e setembro (10 a 20% das chuvas), e outra chuvosa (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual fica entre 20 °C e 26 °C. Apesar de nos dois ambientes climáticos a precipitação pluvial variar entre 1000 mm e 2000 mm por ano (OLIVEIRA et al., 2015), a distribuição temporal das chuvas acontece de maneira desigual.

Dadas as condições climáticas que abrangem a maior parte do país (zona tropical), o acúmulo de biomassa ou resíduos vegetais sobre o solo é uma tarefa difícil de ser concretizada quando comparada ao ambiente subtropical. Durante o período de *deficit* hídrico, praticamente não há crescimento das culturas anuais e perenes, tanto para fins de semeadura direta (acúmulo de resíduo no solo) quanto para o pastejo (alimento animal).

A dificuldade para viabilizar a semeadura direta não se limita ao acúmulo de resíduos no solo, mas estende-se à degradação acelerada destes, pois a temperatura durante o ano é favorável à atividade biótica (FRANZLUEBBERS, 2002). Komatsuzaki e Ohta (2007) reportam um aumento expressivo da atividade microbiana no solo dado o aumento da temperatura média e como maiores deposições de palha no sistema de plantio direto podem amortecer esse processo.

No Brasil, o sistema de semeadura direta se baseia na sucessão soja-milho, sendo a soja a cultura principal, e o milho a cultura de segunda safra. Essa sucessão produz entre 5 Mg e 8 Mg ha⁻¹ de resíduos, dos quais mais de 50% originam-se da cultura de milho (MARCELO, CORÁ E FERNANDES, 2012). Resíduos provenientes da cultura de soja possuem baixa relação C/N, o que explica a rápida degradação (ÁLVAREZ; ÁLVAREZ; SARQUIS, 2008) e a maior participação do milho na biomassa residual sobre o solo.

Contudo, a distribuição dos resíduos de milho no campo é desuniforme, assim como a sua composição. A quantidade de biomassa de colmos de milho é cerca de o dobro da quantidade de biomassa de folhas (PORDESIMO et al., 2005). Nas folhas, o teor de lignina é cerca de 4 a 5%, contra 8 a 10% nos colmos (XU et al., 2019), enquanto a relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é da ordem de 18 nas folhas e 60 nos colmos (TARKALSON et al., 2008). A desuniformidade na distribuição e na composição da biomassa residual dessa cultura explica sua baixa eficácia no controle da erosão e da temperatura de solo quando comparada com outras culturas (GREGORY, 1982; KUMAR, 2000).

Apesar da sucessão soja-milho produzir uma quantidade razoável de resíduos, a qualidade dos mesmos e sua distribuição prejudicam a manutenção do sistema de semeadura direta. Uma alternativa para amenizar esse quadro é o consórcio entre culturas graníferas e forrageiras tropicais, que fornecem maior produção e melhor distribuição dos resíduos sobre a área, beneficiando não só os aspectos físicos, mas também os aspectos químicos e biológicos do solo (QIN et al., 2013; CRUSCIOL et al., 2015; FERREIRA et al., 2018).

As forrageiras mais utilizadas no consórcio com o milho são as plantas dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*, nativas do continente africano, onde estão amplamente distribuídas (PARSONS, 1972). Em geral, as plantas do gênero *Panicum* produzem grandes quantidades de biomassa (BORGHI et al., 2013; SILVA et al., 2016), fator favorável para o acúmulo de resíduos no solo a fim de manter o sistema de produção baseado na semeadura direta (SSD).

No consórcio entre milho e forrageiras tropicais a competição entre as espécies é o principal fator a ser manejado, de modo que haja produção de biomassa para o SSD, ou para o pastejo animal durante o período seco, sem perdas na produtividade de grãos (OLIVEIRA et al., 2018). Para esse fim, deve-se atentar para a necessidade de aplicação de nitrogênio na semeadura do milho (ALMEIDA et al., 2017) e na uniformidade no estande de plantas de milho e população da forrageira (BORGHI et al., 2008; CORREIA, LEITE e DANIEL, 2010; BATISTA ALVES et al., 2013; CECCON et al., 2014).

A população de plantas forrageiras no consórcio, embora relacionada à produção de biomassa e resíduos pela forragem, é um componente importante na competição com o cereal. Segundo Ceccon et al. (2014), o plantio de 5 a 12 plantas do gênero *Urochloa* por m² não prejudica a produtividade do milho consorciado. Em relação ao gênero *Panicum*, as pesquisas dessa natureza são escassas (CORREIA, LEITE e DANIEL, 2010). Em geral, no consórcio milho-*Panicum*, adotam-se as mesmas populações do monocultivo da forrageira ou adaptam-

se aquelas obtidas no consórcio milho-*Urochloa* (BORGHI et al., 2013; HARE et al., 2014; ALMEIDA et al., 2017). Fato que evidencia a necessidade de mais pesquisas sobre o tema.

Plantas do gênero *Panicum* apresentam grande potencial para o SSD em climas tropicais, já que sua biomassa apresenta maior teor de lignina (6 a 8%) em comparação ao gênero *Urochloa* (3 a 4%), tornando a degradação dos resíduos dessa espécie mais lenta em relação aos resíduos do gênero *Urochloa*, fator desejável para manter por mais tempo a cobertura do solo (ANDRADE, 2003; BRÂNCIO et al., 2006; CHAMBELA NETO et al., 2008). Apesar da exigência em fertilidade, as plantas de *Panicum* têm potencial produtivo de 41 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca em monocultivo, com 13% de proteína bruta e 82% de folhas, enquanto plantas do gênero *Urochloa* em monocultivo produzem em média 18 t ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca total, 10% de proteína bruta e 50 a 60% de folhas (JANK et al., 1994).

Plantas do gênero *Panicum* têm crescimento do tipo cespitoso, com touceiras eretas (BROCH e CECCON, 2008), o que propicia baixo coeficiente de extinção de luz (k) e maior índice de área foliar (IAF) tornando essas plantas mais eficientes fotossinteticamente em ambientes com menor luminosidade, o que explica o maior acúmulo de biomassa (SHEEHY e COOPER, 1973) em relação a outras gramíneas forrageiras. Portanto, o gênero *Panicum* pode ser uma opção excelente no consórcio com o milho, principalmente no trópico de baixa latitude, onde o clima favorece a decomposição dos resíduos sobre o solo. Ademais, o crescimento do tipo cespitoso em touceiras favorece a recarga hídrica do solo (SANTOS et al., 2011), proporcionando menor risco de erosão por deflúvio superficial.

No entanto, o hábito de crescimento cespitoso e a formação de touceiras podem prejudicar a semeadura da cultura em sucessão. Isso acontece devido à dificuldade imposta tanto no corte quanto na deposição da semente dentro do solo durante a semeadura. O tamanho das touceiras das gramíneas depende principalmente da densidade de perfilhos, do alongamento dos colmos e da radiação solar captada por estas plantas (GASTAL e LEMAIRE, 2015). Altas populações de *Panicum* estarão sujeitas a diferentes graus de luminosidade, o que poderá interferir no tamanho das touceiras, e, por extensão, na população e na produtividade de grãos de soja cultivada em sucessão.

Pouco se sabe sobre o uso do gênero *Panicum* em consórcio com o milho no desempenho da soja em sucessão, especificamente a população da forrageira para a produção de biomassa (resíduo para plantio direto ou pastejo). Na presente pesquisa foi avaliada a interferência da densidade de plantas de *Panicum maximum* Jacq. na produtividade do milho

em consórcio, a quantidade e a qualidade da forragem produzida e a produtividade da soja cultivada em sucessão (novo ciclo ou safra agrícola).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Três Irmãos, localizada no município de Torrinha – SP. O clima regional é classificado como subtropical Cwa (ALVARES et al., 2013), com verões quentes e chuvosos, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e os invernos são secos. Os dados da precipitação mensal e da temperatura máxima e mínima durante o experimento estão apresentados na Figura 1.

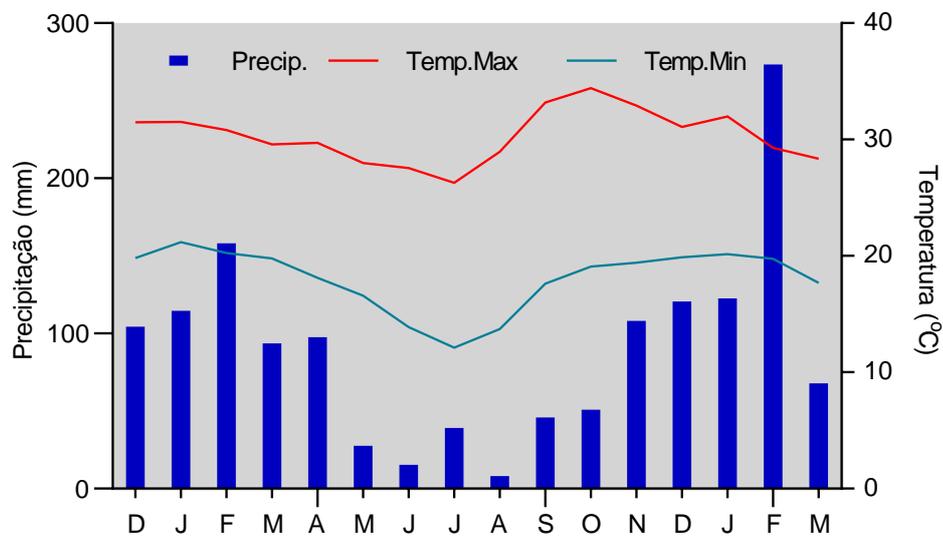


Figura 1: Precipitação e temperatura máxima e mínima de Torrinha-SP durante o experimento.

A área experimental foi instalada em um solo classificado como Latossolo vermelho-amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2013), cujos atributos químicos estão apresentados na Tabela 1. Nos últimos cinco anos, a área onde foi realizado o experimento era cultivada com a forrageira da espécie *U. decumbens* cv. Basilisk como pastagem extensiva.

Tabela 1: Resultados da análise química dos atributos do solo

Zona solo	pH CaCl ₂	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
cm	mg dm ⁻³		mmol _c dm ⁻³						
0-20	5,5	39	12	36	15	28	0	63	91
20-40	5,5	26	11	39	16	31	0	66	97
	MOS	V	m	S-SO ₄	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g dm ⁻³		%	%	mg dm ⁻³	DTPA (H ₂ O quente)			mg/dm ³
0-20	25	69	-	5	1,3	36	3,4	53	0,19
20-40	23	68	-	6	1,3	33	3,6	55	0,17

2.2. Tratamentos

A fim de avaliar a interferência de várias populações de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça no consórcio com o milho e o desempenho da cultura de soja semeada em sucessão (próximo ciclo), foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

As parcelas principais foram compostas por cinco tratamentos referentes à população de *Panicum*:

T1 - Milho em monocultivo (controle);

T2 - Consórcio milho-*Panicum* (3 plantas de *Panicum* por m²);

T3 - Consórcio milho-*Panicum* (6 plantas de *Panicum* por m²);

T4 - Consórcio milho-*Panicum* (12 plantas de *Panicum* por m²);

T5 - Consórcio milho-*Panicum* (18 plantas de *Panicum* por m²).

Após a colheita do milho, as parcelas foram subdivididas entre com e sem desfolha da forrageira ao longo da entressafra.

A soja foi semeada em sucessão sobre os resíduos de milho-*Panicum* dos respectivos tratamentos, e conduzida de modo semelhante em todos os tratamentos. Cada tratamento foi composto por quatro repetições ou parcelas de 40 m² (10 m de comprimento x 4 m de largura). As parcelas foram subdivididas após a colheita do milho (entressafra).

2.3. Manejo

A semeadura do milho foi realizada no dia 05 de janeiro de 2019 sobre a palha de *Urochloa decumbens*, dessecada 20 dias antes do plantio. A dessecação da pastagem

preexistente foi feita com a aplicação de glifosato (1,22 kg de i.a.ha⁻¹), por meio de um pulverizador hidráulico (CECCON e CONCENÇO, 2014).

Na adubação durante a semeadura aplicou-se 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de nitrato de amônio, 50 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O) na forma de cloreto de potássio e 100 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) na forma de superfosfato triplo (RAIJ et al., 1997). Depois, na fase fenológica V4 do milho (RITCHIE et al., 1993), fez-se uma adubação de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio) e 70 kg ha⁻¹ K₂O (cloreto de potássio), aplicados em linha.

A semeadura do *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça foi concomitante à semeadura do milho, sendo esta realizada mecanicamente no espaçamento de 0,9 m entre linhas, depositando-se 5,4 sementes por metro (população de 60.000 plantas ha⁻¹). A semeadura da forrageira foi manual a lanço na frente da semeadora de milho, de modo que as sementes da forrageira fossem levemente incorporadas ao solo. A população exata de *Panicum* em cada parcela foi obtida manualmente, por meio do desbaste.

No início do perfilhamento da forrageira (25 de janeiro de 2019), as plantas de milho apresentavam 4 folhas expandidas (V4), e foram aplicados 28 gramas de i.a ha⁻¹ de nicosulfuron e 2500 gramas de i.a ha⁻¹ de atrazina para o controle das plantas daninhas da área e para reduzir temporariamente o desenvolvimento da forrageira, a fim de diminuir a competição da forrageira com o milho. A colheita do milho ocorreu em maio de 2019 e, após a colheita, as parcelas foram subdivididas entre as que sofreriam desfolha após a colheita e as que não seriam desfolhadas.

O corte das folhas (desfolha) foi feito a 50 cm de altura do solo (CARVALHO et al., 2017) e a biomassa proveniente da desfolha foi recolhida da área experimental. Nas subparcelas sem desfolha, a forrageira continuou o seu desenvolvimento na área experimental durante a entressafra até pouco tempo antes de sua dessecação para a semeadura direta de soja.

As plantas de *Panicum* da área experimental foram dessecadas na primeira quinzena de outubro de 2019 com a aplicação de 2,4 kg i.a ha⁻¹ de glifosato (CECCON e CONCENÇO, 2014), por meio de pulverizador hidráulico. Vinte dias após a dessecação (novembro de 2019), foi semeada a soja (Brasmax Fibra Ipro) sobre os resíduos vegetais constituídos de palha de milho (colhido em maio de 2019) e da parte aérea da forrageira (recém-dessecada). A população utilizada foi de 280.000 plantas ha⁻¹, cujas sementes foram tratadas com *Bradyrhizobium spp.* e a adubação feita na semeadura forneceu 50 kg ha⁻¹ K₂O (cloreto de potássio) e 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ (superfosfato triplo) no sulco (RAIJ et al., 1997). A adubação de cobertura foi realizada com 50 kg ha⁻¹ K₂O (cloreto de potássio). Finalmente, a colheita da soja foi realizada manualmente

no dia 20 de março de 2020. A colheita dos grãos foi realizada na maturidade fisiológica, no estágio fenológico R8 (FEHR e CAVINESS, 1977).

2.4. Coleta de dados

Para avaliar a produtividade do milho, foram colhidas as espigas das plantas presentes em 6 m de comprimento das duas linhas centrais das parcelas. As espigas foram trilhadas e submetidas à pesagem, com subamostras secas em estufa a 105 °C por 24 horas para determinar a massa seca de grãos a fim de corrigir a umidade a 130 g kg⁻¹ (13%). As avaliações referentes ao *Panicum* ocorreram em dois momentos, após a colheita do milho (1ª coleta) e antes da dessecação da forrageira (2ª coleta). Após a 1ª coleta, as parcelas foram subdivididas e manejadas com desfolha e sem desfolha na entressafra, sendo que o material decorrente da desfolha foi retirado da área.

A produtividade de biomassa da forrageira (resíduo da parte aérea) foi obtida por meio da coleta de todo o resíduo presente em 1 m² (adaptado de MOTT e MOORE, 1970). O material foi pesado logo após a coleta, seco em estufa a 60 °C por 72 horas e pesado novamente para obter a massa seca. Para determinar a relação entre folhas e colmos, foram separadas subamostras após a primeira pesagem e, posteriormente, separou-se as folhas e os colmos, os quais foram secos em estufa a 60 °C por 72 horas para obter a massa seca de cada órgão (folhas e colmos). O diâmetro das touceiras de *Panicum* foi medido em 8 pontos dentro das parcelas e subparcelas. A concentração de nutrientes e carbono (método Walkley-Black) foram determinados nas amostras da 1ª coleta da forrageira.

A população de plantas de soja foi avaliada por meio da contagem das plântulas presentes em 5 m das linhas centrais da parcela. A temperatura do solo foi aferida por termômetro infravermelho HM-88C, ao meio dia, abaixo da camada de resíduo, em 10 pontos de cada subparcela. Tanto a contagem da população de soja quanto a medição da temperatura do solo foram realizadas no estágio fenológico V3 da soja (FEHR e CAVINESS, 1977).

A produtividade da soja foi estimada por meio de amostras das plantas presentes em 5 m centrais das parcelas. Foram separados os grãos de todas as plantas colhidas, sendo eles, posteriormente, pesados e determinada sua umidade (massa úmida). Em seguida, foram retiradas subamostras dos grãos para secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, a fim de obter a massa seca de grãos. A produtividade foi estimada após a correção da umidade a 130 g kg⁻¹ de grãos (13% de água).

Os dados foram submetidos ao teste F e à análise de variância. Quando rejeitada a hipótese de igualdade, utilizou-se o teste de comparação de médias Tukey ou a análise de regressão em função da população de plantas de *Panicum*, tanto da desfolha quanto de suas interações. Adotou-se o nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas por meio do software R.

3. RESULTADOS

3.1. Safra de milho

A produtividade de milho foi semelhante no consórcio com 3 e 6 plantas de *Panicum* por m², no entanto, foi muito prejudicada nas maiores populações da forrageira, sem interferência da desfolha e da interação entre ambas (Tabela 2). A produtividade de milho variou de 9,4 Mg ha⁻¹ no monocultivo (controle) a 8 Mg ha⁻¹ quando consorciado com 18 plantas por m², uma perda de 14,9% da produtividade do cereal (Figura 2).

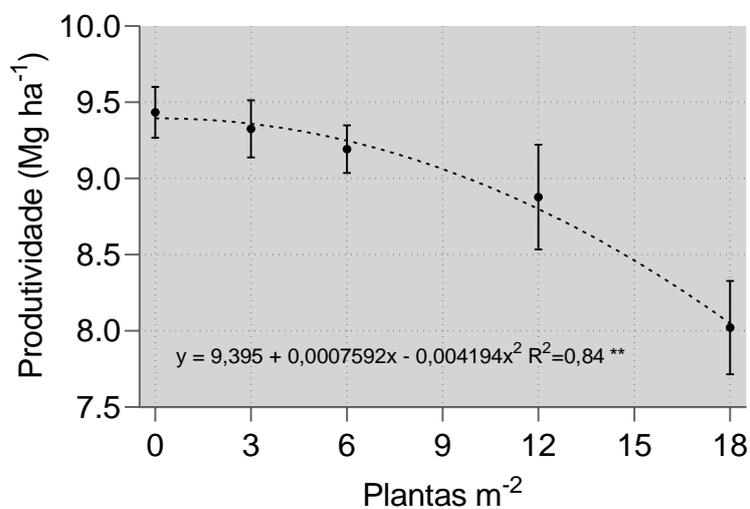


Figura 2: Produtividade de milho em função da população de *Panicum* em consórcio.

A produtividade de milho em relação à massa de forragem reforça o efeito da densidade da forrageira, mas não diferiu em relação à desfolha e à interação entre ambas (Tabela 2). A biomassa de 0,85 Mg ha⁻¹ de forragem proveniente da densidade de 3 plantas por m² e de 1,83 Mg ha⁻¹ da população de 6 plantas por m² indica baixo potencial de competição com o milho. A biomassa de forragem variou entre 0,85 Mg e 3 Mg ha⁻¹ nas populações de 3 plantas e 18 plantas por m² de *Panicum*, respectivamente (Figura 3A).

Tabela 2: Resultados da anova para variáveis do milho e *Panicum* até a colheita de milho

Variáveis milho e <i>Panicum</i>	Desfolha (D)	População (P)	D*P	CV (%)
Produtividade de milho	ns ¹	***	ns	4,86
Biomassa de <i>Panicum</i>	ns	***	ns	13,03
Diâmetro da touceira	ns	***	ns	3,15
Número de perfilhos	ns	***	ns	4,85
Relação folha/colmo	ns	***	ns	11,17

¹ns - não significativo; * significativo a $P < 0.05$; ** significativo a $P < 0.01$; *** significativo a $P < 0.001$

A relação entre folhas e colmos de *Panicum* aumentou com a população de plantas, mas não houve interferência do pastejo simulado, nem da interação entre ambas (Tabela 2). O aumento da relação foi quadrático com o incremento da população, a qual variou de 1,17 a 1,72 com 3 plantas e 18 plantas de *Panicum* por m^2 , nessa ordem (Figura 3B). O incremento da população levou a um aumento médio de 30% na relação folha/colmo.

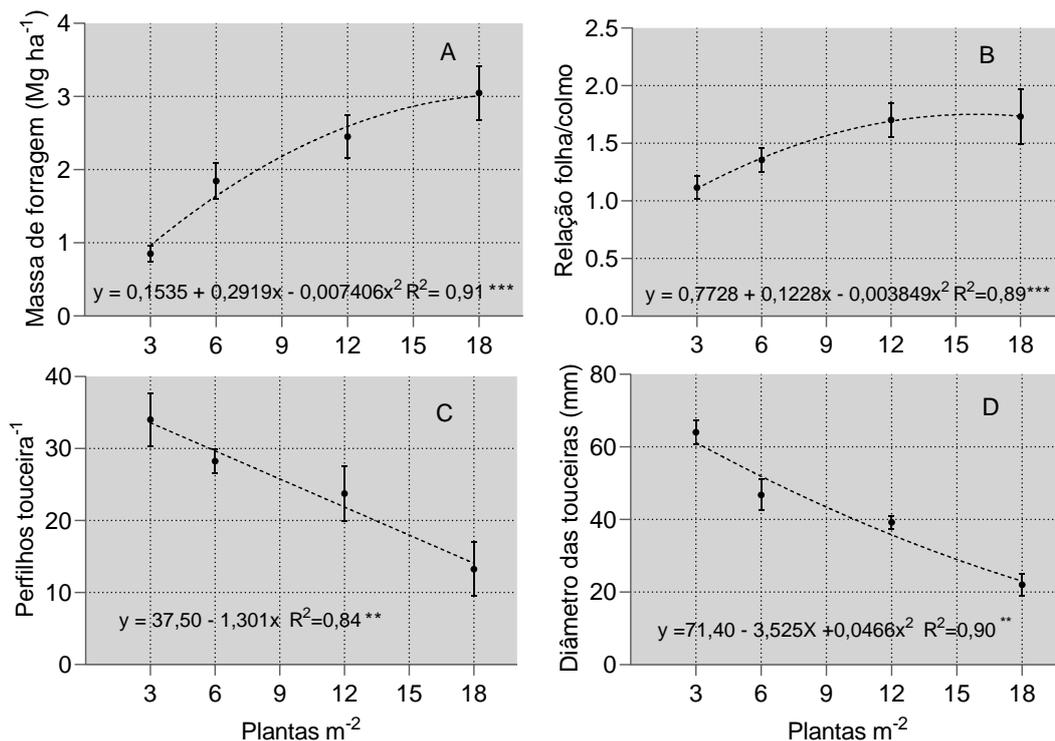


Figura 3: Acúmulo de matéria seca da forrageira (A), relação folha/colmo (B), número de perfilhos por touceira (C) e diâmetro médio das touceiras (D) de *Panicum* em consórcio com milho na colheita de grãos em função da população de plantas da forrageira.

O número de perfilhos por touceira diminuiu com a população de *Panicum* (Figura 3C), mas não teve interferência da desfolha e da interação entre ambas (Tabela 2). Na população de

18 plantas por m² foi constatado o menor número de perfilhos por touceira (13,2), enquanto que com 3 plantas por m² foi observado, em média, 34 perfilhos por touceira.

Do mesmo modo, o diâmetro da touceira também diminuiu com a população de *Panicum* (Figura 3D), mas não foi afetada pela desfolha e pela interação entre ambas (Tabela 2). O diâmetro da touceira variou, em média, entre 22 mm e 64 mm por touceira com 18 plantas e 3 plantas por m², nessa ordem.

3.2. Entressafra: da colheita do milho até a semeadura da soja (novo ciclo)

A desfolha da forrageira na entressafra ocorreu apenas uma vez, e foi feita logo após a colheita do milho. Outras desfolhas não foram realizadas porque o capim não atingiu a altura de corte nos meses de inverno. A biomassa do material proveniente da desfolha diminuiu da maior população de *Panicum* (18 plantas m⁻²) para a menor (3 plantas m⁻²) (Tabela 3).

Tabela 3: Massa de forragem proveniente da desfolha de *Panicum* na entressafra

Massa da forragem de <i>Panicum</i> Mg ha ⁻¹	Plantas m ⁻²				F	CV (%)
	18	12	6	3		
	1,83a	1,47b	1,1c	0,51d	0,046	13,6

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si (Tukey, p ≤ 0,05).

A produtividade de massa seca de forragem na entressafra aumentou com a população de plantas, com a desfolha e com a interação entre ambas (Tabela 4). A produtividade variou entre 3,82 Mg e 1,24 Mg ha⁻¹ na ausência da desfolha e 1,79 Mg e 0,56 Mg ha⁻¹ com a desfolha, nos dois casos nas populações de 3 plantas e 18 plantas por m². Os tratamentos sem desfolha produziram maior quantidade de massa de forragem por ocasião da dessecação dessas plantas, pouco antes da semeadura de soja (Figura 4A).

Tabela 4: Resultados da anova para as variáveis resposta de *Panicum* na entressafra

	Desfolha (D)	População (P)	D*P	CV (%)
Biomassa de <i>Panicum</i>	***	***	***	10,54
Diâmetro da touceira	**	***	**	5,08
Número de perfilhos	*	***	ns	6,12
Relação folha/colmo	***	***	***	11,74
Biomassa total de <i>Panicum</i>	ns ¹	**	ns	10

¹ns - não significativo; *significativo a P < 0.05; **significativo a P < 0.01; ***significativo a P < 0.001.

A relação entre folhas e colmos aumentou com a população de *Panicum*, com a desfolha e a interação entre elas (Tabela 4). A relação variou entre 0,75 e 1,31 nas populações de 3 plantas e 18 plantas por m² sem desfolha. Com desfolha, a média da relação variou entre 1,09 e 2,93 nas populações de 3 plantas e 18 plantas por m², nessa ordem (Figura 4B). A relação entre folhas e colmos nos tratamentos com desfolha foi maior comparativamente aos tratamentos sem desfolha.

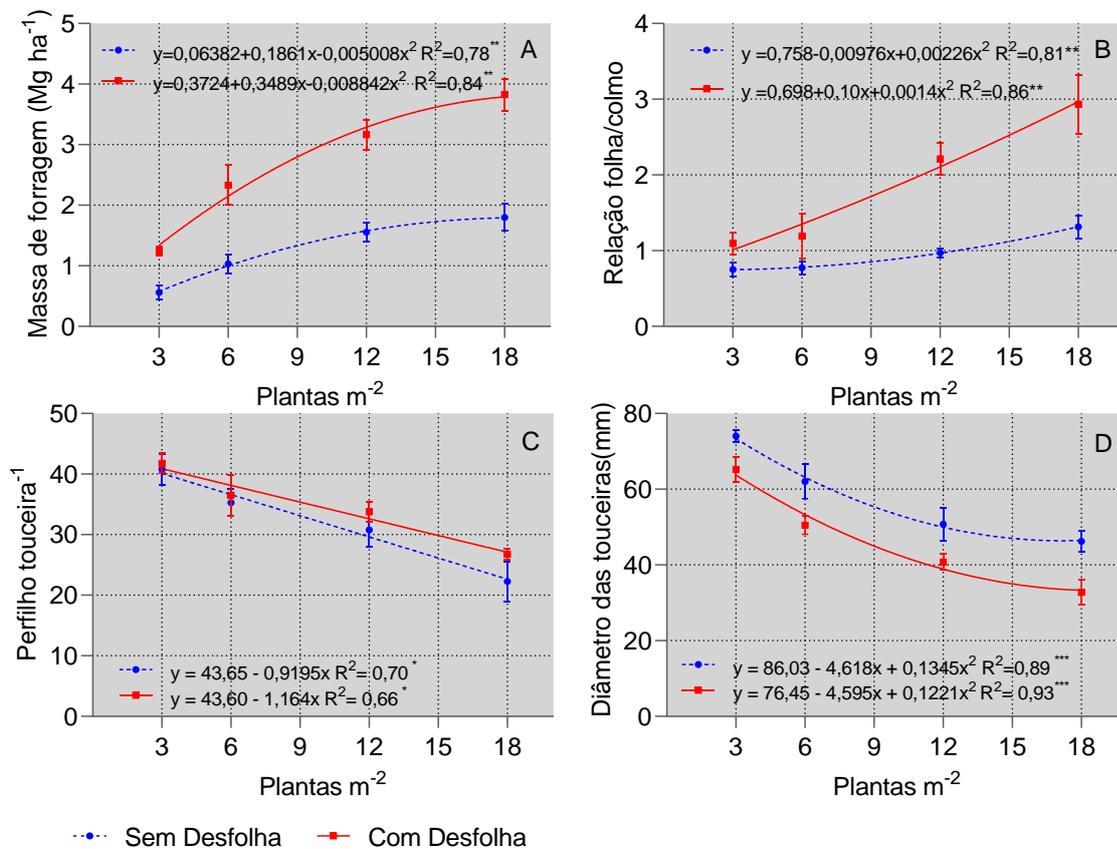


Figura 4: Acúmulo de matéria seca de forragem (A), relação folha/colmo (B), número de perfilhos por touceira (C) e diâmetro médio das touceiras (D) de *Panicum* no consórcio com milho, no final da entressafra e antes da semeadura da soja, em função da população de forrageira.

O número de perfilhos por touceira diminuiu com a população de *Panicum*, pela desfolha e interação entre ambas (Tabela 4). O maior número de perfilhos ocorreu na menor população da forrageira (3 plantas por m²), com uma média de 41,75 perfilhos (sem desfolha) e 40,75 perfilhos (com desfolha). O menor número de perfilhos 26,75 (sem desfolha) e 22,25 (com desfolha) aconteceu na maior população de *Panicum* (18 plantas por m²) (Figura 4C).

O diâmetro das touceiras diminuiu com a população de *Panicum*, pela desfolha e pela interação entre ambas (Tabela 4) e (Figura 4D). Os maiores diâmetros (65 mm, com desfolha, e 74 mm, sem desfolha) foram determinados na população de 3 plantas por m² e os menores (33 mm com desfolha e 46 mm sem desfolha) na de 18 plantas por m².

O acúmulo de massa total de forragem (massa de forragem no final da entressafra mais a massa de sua desfolha) aumentou com a população de *Panicum*, mas não com a desfolha e na interação com a população (Tabela 4). A massa seca total variou entre 1,0 Mg e 3,82 Mg ha⁻¹ com 3 plantas e 18 plantas por m² (Figura 5).

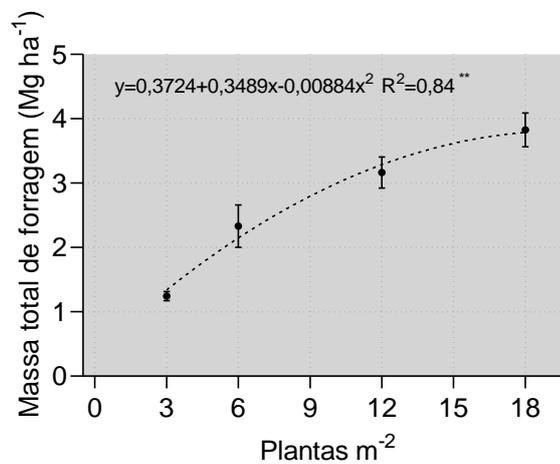


Figura 5: Massa total de forragem de *Panicum* em consórcio com milho, no final da entressafra e antes da semeadura da soja, em função da população de plantas da forrageira.

3.3. Soja

A população de soja foi prejudicada (9,91 plantas por m) somente com a população de 3 plantas de *Panicum* por m² (Tabela 5), isso quando não foi realizada a desfolha.

Tabela 5: Número de plantas de soja por metro em função da população de *P. maximum*

População de <i>Panicum</i> por m ²	Número de plantas de soja por metro	
	Com desfolha	Sem desfolha
18	11,2 Aa	11,8 Aa
12	11,3 Aa	11,3 Aa
6	11,0 Aa	11,3 Aa
3	10,7 Aa	9,9 Bb
0	11,1 Aa	11,2 Aa
F	ns	<0,0001***
CV (%)	3,2	23,2

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p \leq 0,05$)

A temperatura do solo no estádio com 3 trifólios de soja completamente expandidos (V3) diminuiu com o aumento da população de *Panicum*, com a desfolha e pela interação entre ambas (Tabela 6 e Figura 6A). As maiores temperaturas foram registradas no controle, no qual não havia resíduos da forrageira sobre o solo (33,7 °C). Nos tratamentos em que houve desfolha da forrageira, as temperaturas médias foram maiores do que nos tratamentos sem desfolha.

Tabela 6: Resultados da anova para variáveis resposta na cultura da soja

Variáveis de soja	Desfolha (D)	População (P)	D*P	CV (%)
População de plantas de soja	***	ns	*	2,07
Temperatura do solo	***	***	**	2,03
Número de vagens	***	***	***	10,18
Produtividade de soja	***	***	**	8,15

ns - não significativo; * significativo a $P < 0.05$; ** significativo a $P < 0.01$; *** significativo a $P < 0.001$

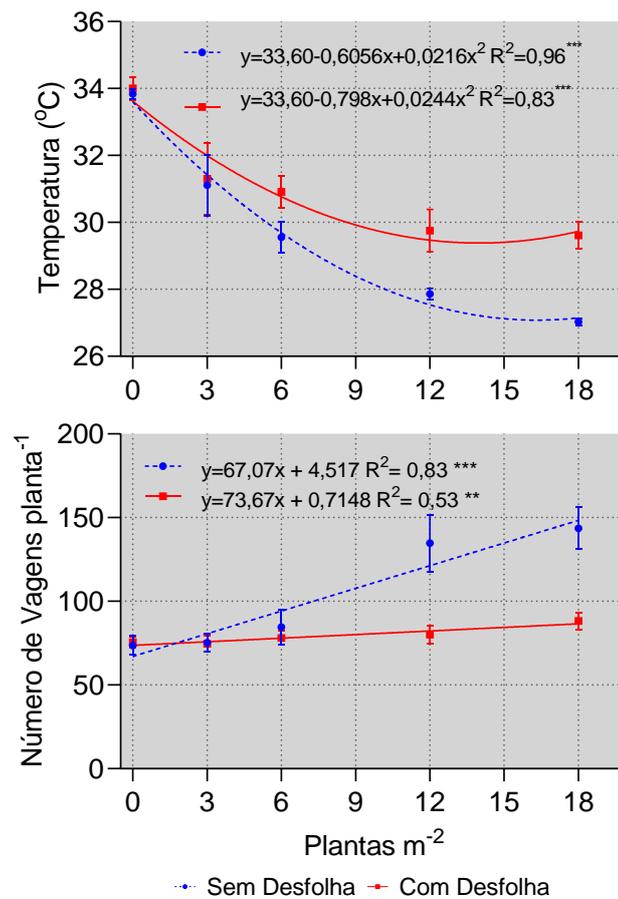


Figura 6: Temperatura do solo (A) e número de vagens de soja por planta (B) em função da população de planta de *Panicum* em consórcio com o milho cultivado na segunda safra.

O número de vagens por planta de soja aumentou com a população de *Panicum* em ambos os manejos da forrageira, havendo também interação entre os fatores (Tabela 6 e Figura 6B). O número médio de vagens por planta variou entre 73 vagens (18 plantas por m²) e 143 vagens por planta (controle) sem a desfolha. Por outro lado, as médias dos tratamentos com desfolha foram menores e variaram entre 75,5 vagens e 88 vagens por planta sem a desfolha.

A produtividade da soja semeada sobre uma quantidade maior de resíduos (sem desfolha) e menor de resíduos (com desfolha) aumentou linearmente com a população da forrageira consorciada com milho safrinha, assim como pela desfolha e interação entre ambas (Tabela 6; Figura 7A e 7B). A menor produtividade de soja foi verificada no controle (soja em sucessão à monocultura de milho), a qual produziu 3 Mg ha⁻¹, enquanto que nos tratamentos do consórcio milho-*Panicum* foi produzido entre 4,8 Mg e 3,9 Mg ha⁻¹ (sem desfolha) e entre 3,7 e 3,3 Mg ha⁻¹ de soja (com desfolha) nas populações com 18 e 3 plantas de *Panicum* por m² respectivamente.

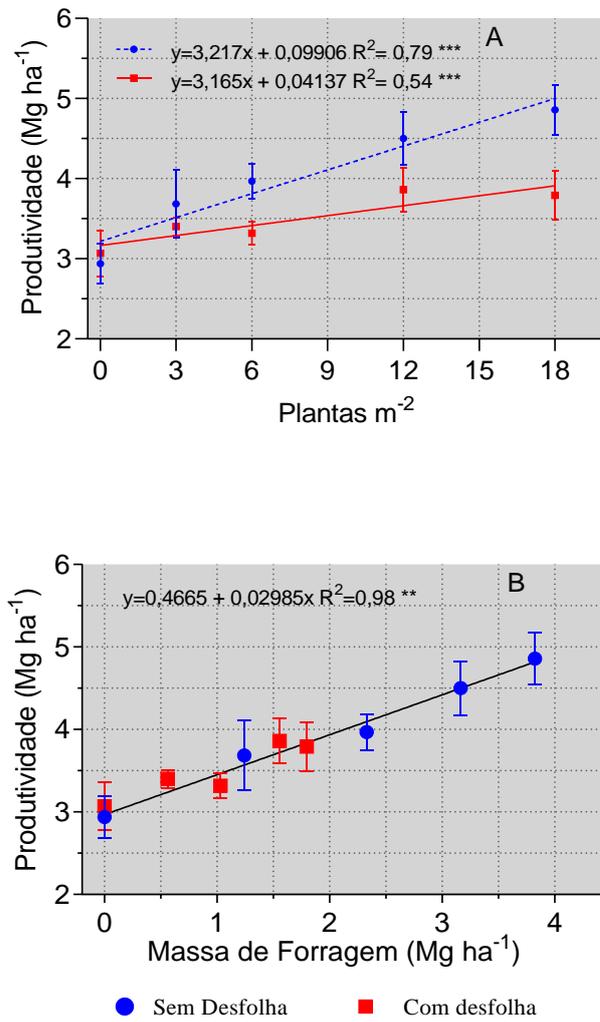


Figura 7: Produtividade de soja em função da população de plantas *Panicum* (A) e em função da massa de forragem do *Panicum* em consórcio com o milho segunda safra acumulada sobre o solo (B).

4. DISCUSSÃO

A produtividade de milho foi prejudicada principalmente nas maiores populações de *Panicum* (12 e 18 plantas m²). Dentre os fatores limitantes à produtividade, a disponibilidade de água (Figura 1) e nutrientes (69% de saturação por bases, Tabela 1) foram suficientes. Contudo, pode-se especular que a competição por radiação solar restringiu a captação luminosa pelas plantas, uma vez que a competição intraespecífica inicial pode alterar a forma de crescimento do milho e a partição de fotoassimilados às raízes (AFIFI e SWANTON, 2011), com redução da área foliar nos estágios iniciais da cultura (PAGE et al., 2010). O resultado da presente pesquisa corrobora os dados obtidos por Ceccon et al. (2014) e Ceccon et al. (2018), os quais estudaram o impacto da população de plantas do gênero *Urochloa* em consórcio com milho.

O acúmulo de matéria seca do *Panicum* cresceu com o aumento da sua população por área. Esse fato explica-se pela quantidade de perfilhos, a qual variou entre 102 perfilhos (3 plantas por m²) e 237 perfilhos (18 plantas por m²). Um grande aumento de indivíduos, combinado à capacidade de interceptação da radiação pela forrageira (baixo coeficiente de extinção da luz, k), resultaram em maior índice de área foliar, convertendo-se em um maior acúmulo de biomassa. Resultados semelhantes ao da presente pesquisa foram encontrados em trabalhos que avaliaram populações do gênero *Urochloa* consorciado com o milho (CASTAGNARA et al., 2011; FREITAS et al., 2015; SILVA et al., 2015).

O número de perfilhos produzido por uma espécie forrageira está diretamente relacionada com o potencial de produção de forragem (MATTHEW et al., 2000). Por causa do hábito de crescimento cespitoso do *P. maximum*, deve ter havido uma limitação na plasticidade fenotípica (VALLADARES, GIANOLI e GÓMEZ, 2007) que restringiu o número de perfilhos, o diâmetro de touceira e a produção de biomassa forrageira nas menores populações de plantas.

Com relação ao aumento do diâmetro de touceira da forrageira, pode-se afirmar que o mesmo é, principalmente, uma adaptação da planta à maior radiação luminosa propiciado pela menor densidade de plantas. Pode, ainda, ser uma consequência do baixo coeficiente de extinção da luz (k) associado ao hábito cespitoso. Paciullo et al. (2017) estudaram o crescimento de plantas do gênero *Panicum* e verificaram um aumento no número de perfilhos basais decorrente da maior exposição à luz solar.

A relação folha/colmo aumentou com o incremento do número de plantas de *Panicum* por m². Esse fato pode ser entendido como resposta ao sombreamento, por meio da ampliação

da superfície específica foliar e da taxa de alongamento foliar (BARUCH e GUENNI, 2007; GUENNI, SEITER e FIGUEROA, 2008).

O manejo com desfolha da forrageira reduziu a biomassa total acumulada, como resultado da menor área foliar residual fotossinteticamente ativa e pelo pequeno crescimento da planta devido às baixas temperaturas e escassez de água (Figura 1), comum na entressafra. Moreno et al. (2014) verificaram um acúmulo de 30 kg MS dia⁻¹ ha⁻¹ em temperaturas abaixo de 20 °C e acúmulo médio de 80 kg a 100 kg MS dia⁻¹ ha⁻¹ em temperaturas superiores a 21 °C.

O diâmetro da touceira foi afetado negativamente pela desfolha na planta. Esse fato pode ser atribuído ao hábito de crescimento do *Panicum*, que acumula reservas no colmo e nas raízes em resposta à desfolha (WONG e STUR (1996). A redução da área foliar pela desfolha, combinada com a temperatura média inferior a 20 °C, prejudicaram a retomada do crescimento da planta, limitando o desenvolvimento do colmo e o diâmetro da touceira. Por sua vez, o número de perfilhos aumentou com a desfolha, uma forma de compensação da perda de área foliar, provavelmente por meio do consumo de reservas contidas no caule e raízes. Portela, Pedreira e Braga (2011) verificaram maior densidade de perfilho de *Urochloa* spp. com desfolhas severas durante o verão, primavera e outono.

A relação entre a massa de folhas e colmos foi positivamente influenciada pela desfolha, possivelmente pelo menor acúmulo de massa no colmo e/ou maior acúmulo foliar. O resultado da presente pesquisa corrobora com dados de Nantes et al. (2013) e Pedreira et al. (2019), os quais encontraram maior porcentagem de folhas associada às desfolhas severas no gênero *Urochloa*. De acordo com Silva et al. (2016) longos períodos sem desfolha aumentam a participação do colmo na massa de forragem, desse modo, a desfolha leva a uma maior partição de fotoassimilados nas lâminas foliares (OLIVEIRA et al., 2000).

A população de soja semeada sobre resíduos da população de 3 plantas por m² de *Panicum* sofre cerca de 10% de redução. Nesse caso, touceiras com maior diâmetro ofereceram mais resistência ao corte e à abertura de sulco pela semeadora para depositar a semente no interior do solo. A presença de sementes na superfície, com pouco contato com o solo, prejudica a germinação (AHMAD et al., 2015; KUSHWAHA, VAISHNAV e ZOERB, 1986).

No início do desenvolvimento da soja, as temperaturas do solo nos tratamentos com resíduo foram menores em relação ao controle (soja sobre milho em monocultura, Figura 6A). A temperatura no estágio V3 diminuiu em razão da quantidade de biomassa vegetal sobre o solo, a qual se correlaciona positivamente com a densidade de *Panicum*. Isso acontece pela

menor incidência da radiação solar direta na superfície do solo, que resulta também em uma menor evaporação de água (PEDROSA, 2013). Esses resultados corroboram os dados da literatura (NICOLARDOT, RECOUS e MARY, 2001; WANG et al., 2020), e reforçam a prática de maximizar a cobertura do solo com resíduos vegetais.

O número de vagens por planta e a produtividade da soja aumentaram linearmente com a quantidade de resíduo produzido pelas maiores populações de *Panicum* consorciado com o milho (Figura 6B). Vários benefícios propiciados pelo sistema de produção adotado nos tratamentos explicariam a maior produtividade da soja, o que torna difícil conceber a ordem de grandeza de cada contribuição. Entretanto, pode-se dizer que a quantidade de água disponível foi superior onde a evaporação e a temperatura do solo foram menores devido a presença de resíduos de *P. maximum* sobre o solo (SILVA et al., 2018). Não se pode desconsiderar a influência positiva nos atributos físicos e biológicos proporcionados pela presença da maior biomassa radicular (dentro do solo) e da parte aérea (sobre o solo) como fonte de carbono à atividade dos organismos do solo, inclusive dos fixadores de nitrogênio (KUMAR e GOH, 2000). A biomassa radicular contribui ainda com exsudatos na rizosfera, melhora a agregação e aumenta a quantidade de bioporos, os quais contribuem para a reposição hídrica e aeração. Esse conjunto de benefícios e outros não elencados devem ter colaborado para o aumento linear da produtividade de soja.

5. CONCLUSÃO

A produtividade de milho consorciado com *Panicum maximum* cv. Mombaça diminui quando a população da forrageira é maior do que 6 plantas por m². A quantidade de biomassa de forragem e a relação folha/colmo aumentam com a densidade de *Panicum* por m², mas o número de perfilhos e o diâmetro de touceira reduz à medida que aumenta a sua população.

A produtividade de soja é maior quando se aumenta a população de *Panicum* em consórcio com milho, viabilizando o cultivo da leguminosa sobre os resíduos da forrageira nos trópicos de baixa latitude sob resíduos de *Panicum*. No entanto, a produtividade do milho de segunda safra em consórcio depende da população de *Panicum*.

REFERÊNCIAS

- AFIFI, M.; SWANTON, C. Maize seed and stem roots differ in response to neighbouring weeds. **Weed Research**, v. 51, n. 5, p. 442–450, out. 2011.
- AHMAD, F. et al. Forces and straw cutting performance of double disc furrow opener in no-till paddy Soil. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, 30 mar. 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ÁLVAREZ, C. R.; ÁLVAREZ, R.; SARQUIS, A. Residue decomposition and fate of nitrogen-15 in a wheat crop under different previous crops and tillage systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 3–4, p. 574–586, fev. 2008.
- ANDRADE, F. M. E. DE. Produção De Forragem E Valor Alimentício Do Capim-Marandu Submetido a Regimes De Lotação Contínua Por Bovinos De Corte. p. 141, 2003.
- ANTÔNIO DE OLIVEIRA, M. et al. **Análise de Crescimento do Capim-Bermuda “Tifton 85” (Cynodon spp.)** 1Rev. bras. zootec. [s.l: s.n.].
- BARUCH, Z.; GUENNI, O. **Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass Brachiaria. Tropical Grasslands 41: 269-276 Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass BrachiariaTropical Grasslands.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/263714105>>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- BATISTA ALVES, V. et al. MILHO SAFRINHA CONSORCIADO COM *Urochloa ruziziensis* E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 280–292, 2013.
- BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 559–568, 2008.
- BORGHI, E. et al. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v. 53, n. 2, p. 629–636, 2013.

BRÂNCIO, P. A. et al. Avaliação de Três Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Pastejo: Composição Química e Digestibilidade da Forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1605–1613, 2006.

BROCH, D. L.; CECCON, G. Produção de milho safrinha com integração lavoura e pecuária. n. 2, p. 121–128, 2008.

CARVALHO, A. L. S. et al. Produção de pastos de capim-mombaça submetidos a alturas de resíduo. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 39, n. 2, p. 143–148, 2017.

CASTAGNARA, D. D. et al. Taxa de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho na incidência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 440–446, jul. 2011.

CECCON, G. et al. Yield of late season maize at reduced spacing with populations of maize and *brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 326–335, 2014.

CECCON, G. et al. **Consórcio milho-braquiária com densidades populacionais da forrageira no centro-sul do Brasil**. Disponível em:

<<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/751>>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CECCON, G.; CONCENÇO, G. Produtividade de massa e dessecação de forrageiras perenes para integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 319–326, jun. 2014.

CHAMBELA NETO, A. et al. Composição químico-bromatológica e digestibilidade de três gramíneas tropicais em Minas Gerais. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 219, p. 357–360, 2008.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; DANIEL, B. EFEITO DO CONSÓRCIO DE MILHO COM *Panicum maximum* NA COMUNIDADE INFESTANTE E NA CULTURA DA SOJA EM ROTAÇÃO. p. 545–555, 2010.

DA SILVA, A. J. et al. Source-sink relationships in two soybean cultivars with indeterminate growth under water deficit. **Bragantia**, v. 77, n. 1, p. 23–35, 1 jan. 2018.

DE ALMEIDA, R. E. M. et al. Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn-palisadegrass intercropping system. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 3, p. 352–359, 2017a.

- DE ALMEIDA, R. E. M. et al. Corn yield, forage production and quality affected by methods of intercropping corn and panicum maximum. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 170–176, 2017b.
- DE OLIVEIRA, S. M. et al. Understanding N timing in corn yield and fertilizer N recovery: An insight from an isotopic labeled-N determination. **PLoS ONE**, v. 13, n. 2, p. 1–14, 2018.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a. ed. [s.l: s.n.].
- FEHR, W.; CAVINESS, C. Stages of soybean development. **Special Report**, 1 mar. 1977.
- FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research**, v. 66, n. 2, p. 95–106, 2002.
- FREITAS, M. A. M. et al. Teores de nutrientes e produção de grãos do milho consorciado com a braquiaria em diferentes arranjos de plantas. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 49–56, 2015.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilization in Pasture: Review of the Underlying Ecophysiological Processes. **Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 1146–1171, 2015.
- GREGORY, J. M. Soil Cover Prediction with Various Amounts and Types of Crop Residue. **Transactions of the ASAE**, v. 25, n. 5, p. 1333–1337, 1982.
- GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, A. R. **Growth responses of three Brachiaria species to light intensity and nitrogen supply** **Tropical Grasslands**. [s.l: s.n.].
- HARE, M. D. et al. Botanical and agronomic growth of two Panicum maximum cultivars, Mombasa and Tanzania, at varying sowing rates. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 2, n. 3, p. 246–253, 1 set. 2014.
- JANK, L. et al. Avaliação do germoplasma de Panicum maximum introduzido da África: 1. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23:433-440, 1994.
- KOMATSUZAKI, M.; OHTA, H. Soil management practices for sustainable agro-ecosystems. **Sustainability Science**, v. 2, n. 1, p. 103–120, abr. 2007.
- KUMAR, K. & G. K. Crop Residues and Management Practices : Effects on Soil Quality , Soil Nitrogen Dynamics , Crop and Nitrogen Recovery. v. 68, 2000.

KUSHWAHA, R. L.; VAISHNAV, A. S.; ZOERB, G. C. **PERFORMANCE OF POWERED-DISC COULTERS UNDER NO-TILL CROP RESIDUE IN THE SOIL BIN1**. [s.l: s.n.].

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: I - produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1553–1567, 2012.

MATTHEW, C. et al. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 188, n. 1, p. 127–150, 2000.

MORENO, L. S. B. et al. Base temperature determination of tropical Panicum spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 186, p. 26–33, 15 mar. 2014.

MOTT, G. O.; MOORE, J. E. Forage evaluation techniques in perspective. **Proceedings natn. Conf. Forage Qual. Eval. Util., Univ. Nebraska, 1969**, 1970.

NAZARETH NANTES, N. et al. Desempenho animal e características de pastos de capim-piatã submetidos a diferentes intensidades de pastejo. **Pesq. agropec. bras**, n. 1, p. 114–121, 2013.

NICOLARDOT, B.; RECOUS, S.; MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C:N ratio of the residues. **Plant and Soil**, v. 228, n. 1, p. 83–103, 2001.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. The water balance components of undisturbed tropical woodlands in the Brazilian cerrado. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 6, p. 2899–2910, 22 jun. 2015.

PACIULLO, D. S. C. et al. The growth dynamics in Brachiaria species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270–276, fev. 2011.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morphogenesis, biomass and nutritive value of Panicum maximum under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590–600, 2017.

PAGE, E. R. et al. Shade avoidance: An integral component of crop-weed competition. **Weed Research**, v. 50, n. 4, p. 281–288, ago. 2010.

PARIZ, C. et al. Technical and economic performance of corn intercropped with Panicum and Brachiaria forage in crop-livestock integration system. **search.proquest.com**, [s.d.].

PARSONS, J. J. Spread of African Pasture Grasses to the American Tropics. **Journal of Range Management**, v. 25, n. 1, p. 12, 1972.

PEDREIRA, C. G. S. et al. Growth analysis of brachiariagrasses and ‘tifton 85’ bermudagrass as affected by harvest interval. **Crop Science**, v. 59, n. 4, p. 1808–1814, 1 jul. 2019.

PEDROSA, A. W. **Eficiência da adubação nitrogenada no consórcio entre cafeeiro e Brachiaria brizantha**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 17 jan. 2013.

PORDESIMO, L. O. et al. Variation in corn stover composition and energy content with crop maturity. **Biomass and Bioenergy**, v. 28, n. 4, p. 366–374, 2005.

PORTELA, J. N.; PEDREIRA, C. G. S.; BRAGA, G. J. Demography and density of signalgrass tillers grazed under intermittent stock grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 315–322, 2011.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim técnico, 100 ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997.

RITCHIE, S. et al. How a corn plant develops. Iowa State University Cooperative Extension Service. Special Report 48. 1993.

SANTOS, G. G. et al. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1339–1348, 29 dez. 2011.

SHEEHY, J. . E. .; COOPER, J. . P. . Light Interception , Photosynthetic Activity , and Crop Growth Rate in Canopies of Six Temperate Forage Grasses. v. 10, n. 1, p. 239–250, 1973.

SILVA, D. V. et al. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 8, p. 1394–1400, 31 jul. 2015.

SILVA, J. DE L. et al. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de Brachiaria e Panicum. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342–348, 2016a.

SILVA, V. J. et al. Growth analysis of irrigated tifton 85’ and Jiggs bermudagrasses as affected by harvest management. **Crop Science**, v. 56, n. 2, p. 882–890, 1 mar. 2016b.

TARKALSON, D. D. et al. Decomposition of Bt and non-Bt corn hybrid residues in the field. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 80, n. 3, p. 211–222, mar. 2008.

VALLADARES, F.; GIANOLI, E.; GÓMEZ, J. M. **Ecological limits to plant phenotypic plasticity** *New Phytologist*, dez. 2007.

WANG, H. et al. No tillage increases soil organic carbon storage and decreases carbon dioxide emission in the crop residue-returned farming system. **Journal of Environmental Management**, v. 261, 1 maio 2020.

WONG, C. C.; STUR, W. W. Persistence of tropical forage grasses in shaded environments. **The Journal of Agricultural Science**, v. 126, n. 2, p. 151–159, mar. 1996.

XU, Y. et al. Mineralization of plant residues and native soil carbon as affected by soil fertility and residue type. **Journal of Soils and Sediments**, v. 19, n. 3, p. 1407–1415, 2019.