

PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DO MILHO EM CONSÓRCIO COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA NA AMAZÔNIA

Jerónimo Alexandre Rafael¹, Letícia de Paula Neves de Souza², Naara Raana da Costa Leite³, Kamila Holanda da Silva Sales³, Sônia Maria Figueiredo Albertino⁴

RESUMO:

A baixa fertilidade natural dos solos e a limitada adoção de práticas sustentáveis contribuem para a baixa produtividade do milho no Amazonas. Nesse contexto, o uso de plantas de cobertura em consórcio tem se mostrado uma alternativa de manejo sustentável. O objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros biométricos de plantas de milho cultivadas em consórcio com diferentes plantas de cobertura em plantio convencional. O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas, no município de Manaus. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 5x5, sendo quatro espécies de cobertura vegetal: *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e um tratamento controle (sem cobertura) e cinco períodos de coletas: 14, 28, 42, 56 e 70 dias após emergência (DAE). Foram avaliados: altura da planta, diâmetro do colmo do milho, área foliar, peso da matéria seca total (raiz, colmo e folhas), índice de área foliar. Os resultados evidenciaram que até aos 70 DAE (estádio vegetativo), as coberturas de *Brachiaria ruziziensis* e *Vigna unguiculata* (L.) conferiram melhores desempenhos vegetativo da planta de milho, constituindo uma alternativa de manejo sustentável para as condições edafoclimáticas da Amazônia.

Palavras-chave: Adubos verdes, estágio vegetativo, práticas sustentáveis, *Zea mays* L.

BIOMETRIC PARAMETERS OF MAIZE INTERCROPPED WITH DIFFERENT COVER CROPS IN THE AMAZON

ABSTRACT:

The low natural fertility of soils and the limited adoption of sustainable practices contribute to the low yield of maize in Amazonas. In this context, the use of cover crops in intercropping has been shown to be an alternative for sustainable management. The objective of this study was to evaluate the biometric parameters of maize plants grown in intercropping with different cover crops under conventional tillage. The experiment was conducted at the experimental farm of the Federal University of Amazonas, in the municipality of Manaus. The experimental design was a randomized block design in a 5 × 5 factorial scheme. The cover crop treatments consisted of four species: *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Canavalia ensiformis* (L.), and *Mucuna pruriens*, as well as a control treatment (without cover crops). Evaluations were performed at five collection periods: 14, 28, 42, 56, and 70 days after emergence (DAE). The following were evaluated: plant height, corn stem diameter, leaf area, total dry matter weight (root, stem and leaves), and leaf area index. The results showed that up to 70 DAE (vegetative stage), the covers of *Brachiaria ruziziensis* and *Vigna unguiculata* (L.) conferred better vegetative performances on the corn plant, constituting a sustainable management alternative for the edaphoclimatic conditions of the Amazon.

Keywords: green manures; sustainable practices; vegetative stage; *Zea mays* L.

¹Mestre em Agronomia Tropical pela Universidade Federal do Amazonas; Manaus-Amazonas; Doutorando em Agronomia/Fitotecnia; Universidade Federal de Lavras; Lavras-Minas Gerais; jeronimo.iac@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-9049-8047>. ²Professor na Universidade Púnguê; Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas; Chimoio; Moçambique.

³Doutora em Agronomia Tropical pela Universidade Federal do Amazonas; Manaus-Amazonas; leticiapaula1997@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2313-5963>. ³Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas; Manaus-Amazonas; naaraileite27@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-2914-9047>; kmlholanda@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-5313-1230>.

⁴Professora adjunta na Universidade Federal do Amazonas; Manaus-Amazonas; sonia.albertino@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9253-2092>.

INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivado do mundo, com importância social, econômica e nutricional (Almeida et al., 2017). Pode ser utilizado de diversas formas, tanto para alimentação humana e animal bem como fonte de matéria prima para as indústrias (Dias et al., 2019). Além disso, é considerado alimento principal e fonte de energia para populações de baixa renda em países africanos devido a sua quantidade de reservas acumuladas nos grãos (Revilla et al., 2022). A produção e produtividade do milho no Amazonas são relativamente baixas quando comparada com outros estados do país, o que se deve a baixa oferta de sementes melhoradas adaptadas as condições edafoclimáticas da região e pouca adoção de tecnologias sustentáveis (Moura et al., 2021; Oliveira et al., 2020).

O milho é eficiente na atividade fotossintética e exige tecnologias modernas e práticas de manejo agrícola adequadas para garantir produtividades elevadas (Ojeda-Rivera et al., 2025). Dentre as tecnologias que favorecem o bom desempenho vegetativo do milho, pode-se destacar o uso de coberturas vegetais, em especial as leguminosas devido a sua eficiência de fixação biológica de nitrogênio através da simbiose com bactérias.

A cultura do milho é bastante exigente com alto potencial produtivo e responsivo à tecnologia (Hryhoriv et al., 2023; Wang et al., 2022; Wang et al., 2024). Em termos da fenologia há dois principais estádios de crescimento e desenvolvimento, nomeadamente vegetativo (V) e reprodutivo (R). No entanto, o estádio vegetativo está subdividido em V1, V2, V3 até V (n); em que (n) representa a última folha com colar visível emitida antes do pendoamento. O primeiro estádio é considerado na emergência (VE) e o último no pendoamento (VT,) (Magalhães, 2006).

As plantas de coberturas têm se revelado como excelente alternativa no manejo sustentável da agrobiodiversidade, contribuindo para a melhoria da produção e produtividade agrícola, proporcionando vantagens como reposição e ciclagem de nutrientes e matéria orgânica ao solo, redução do uso de fertilizantes químicos, prevenção da erosão, melhoria na qualidade física do solo e supressão de plantas daninhas (Khan et al., 2024; Malavert, 2026; Quintarelli et al., 2022).

O sistema consorciado, que utiliza gramíneas e leguminosas, proporciona conservação do solo e retorno econômico positivo ao agricultor (Nolla et al., 2019). A vantagem da utilização de plantas de coberturas da família das leguminosas está no seu potencial de produção de biomassa e na sua capacidade de fornecer nitrogênio à cultura em consórcio ou sucessora (Matheis et al., 2020).

Nos últimos anos o consórcio entre o milho e as coberturas vegetais têm se tornado uma alternativa interessante, proporcionando maior produção de biomassa, onde a cultura econômica fica beneficiada, mantendo ou até mesmo incrementando a produção e produtividade (Mhlanga et al., 2016).

O plantio consorciado de milho e plantas de cobertura têm se revelado como excelente alternativa para a produção sustentável, contribuindo para a melhoria da produtividade agrícola, proporcionando vários benefícios como a redução de perda de água por evaporação, influenciando a infiltração e estruturação do solo (Dzvene et al., 2023; Klopp, 2024). Podem ser usadas na agricultura conservacionista proporcionando aumento da qualidade de solo na reposição e ciclagem de nutrientes e matéria orgânica (Francaviglia et al., 2023).

As análises de paramétricos biométricos nos permite compreender a fenologia das culturas, pois, fornece com detalhes os componentes morfofisiológicos nos diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento. No entanto, pesquisas ligadas a esta área no ecossistema Amazônico ainda são insuficientes, neste sentido, essa pesquisa teve como objetivo avaliar os dados paramétricos biométricos das plantas de milho submetidas ao consórcio com diferentes coberturas vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2020, nos meses de setembro a dezembro, na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas, localizada no Km 38 da rodovia BR-174, Manaus, AM, com coordenadas geográficas 2°38'57,6" S e 60°3'11" W e altitude de 96 m. Amostras de solo da área experimental foram coletadas na profundidade de 0-20 cm para análises físicas e químicas no laboratório de solos da UFAM. As características físico-químicas do solo antes da condução do experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-químicos das amostras do solo (profundidade de 0-20 cm) antes da implantação do experimento de consórcio entre milho (*Zea mays* L.) e diferentes plantas de cobertura. Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

Propriedades químicas													
Profundidade	pH	P	K	MO	Ca	Al	Mg	t	T	SB	H ⁺ AL ⁻¹	V	m
(cm)		CaCl ₂			mg dm ⁻³		dag kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³		(%)	
0 - 20	4,6	4	34	2,48	1,4	0,2	0,7	2,4	5,3	2,2	3,08	42	8,23
Propriedades físicas													
Areia			Silte			Argila			Textura				
----- (%) -----													
16,0			8,0			76,0			MA				

pH - Acidez ativa; P - Fósforo; K - Potássio; MO - Matéria orgânica; Ca - Cálcio; Al - Alumínio; Mg - Magnésio; t - Capacidade de troca de cátions efetiva; T - Capacidade de troca de cátions a pH 7; SB - Soma de bases; H⁺ AL⁻¹ - Acidez potencial; V - Saturação por bases; m - Saturação por alumínio.

Antes da instalação do experimento, a área experimental apresentava histórico de manejo sob sistema de preparo convencional (PC), com cultivo de espécies anuais, como mandioca, milho e sorgo, em safras anteriores. Não havia registro da adoção de plantas de cobertura ou do sistema de plantio direto (PD) na área. Dessa forma, a condução do experimento sob preparo convencional foi definida em consonância com o histórico de manejo local, mantendo-se as condições previamente estabelecidas na área experimental.

O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens com grade pesada e posteriormente com grade niveladora, em uma área de 640 m². Em função dos resultados da análise química e física das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm da área do experimento, foi realizada a calagem com 6,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico tipo filler com PRNT de 91% para elevar a saturação de bases a 60%. Para suprir as necessidades nutricionais foi realizada a adubação durante a semeadura em todas as parcelas nos sulcos, como as seguintes quantidades: 4,16 kg de ureia; 9,21 kg de FTE BR12; 9,36 kg de sulfato de amônio; 9,36 kg de superfosfato simples e 1,98 kg de cloreto de potássio. Os cálculos de calagem e adubação foram feitos conforme recomendações técnicas de adubação e calagem para o cultivo de milho no estado do Amazonas (Oliveira et al., 2017).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 5, constituído por quatro espécies de plantas de cobertura, *Brachiaria ruziziensis* (braquiária), *Vigna unguiculata* (L.) (feijão-caupi), *Canavalia ensiformis* (L.) (feijão-de-porco) e *Mucuna pruriens* (mucuna-preta), além de um tratamento controle (sem cobertura), e cinco períodos de coleta: 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE), totalizando 25 tratamentos, com cinco repetições. A parcela experimental apresentou dimensões de 3,2 m de comprimento por 1,6 m de largura (5,12 m²), sendo constituída por duas linhas de cultivo de milho, espaçadas em 0,80 m entre linha e 0,20 m entre plantas. Cada linha continha 16 plantas, totalizando 32 plantas por parcela, correspondente à população de 62.500 plantas ha⁻¹. Foram semeadas duas sementes por cova e, após o desbaste realizado aos 10 DAE, permaneceu uma planta por cova. Do total de 32 plantas, 12 foram consideradas úteis para as avaliações, sendo as demais utilizadas como bordadura. Nas entrelinhas do milho foram implantadas duas linhas de plantas de cobertura, conforme a espécie correspondente a cada tratamento (Figura 1).



Figura 1. Aspecto geral das parcelas experimentais de milho (*Zea mays* L.) cultivado em consórcio com *Mucuna pruriens* (A), *Canavalia ensiformis* (L.) (B), *Vigna unguiculata* (L.) (C) e *Brachiaria ruziziensis* (D). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

Após o preparo do solo, realizou-se a semeadura do milho BR 5011 Sertanejo (variedade com dupla aptidão, para grãos e milho-verde), provenientes do Programa 6 Genético da Embrapa Milho e Sorgo. O espaçamento usado foi de 0,8 m entre linha e 0,20 m entre plantas, com duas sementes por cova.

Para o controle de formigas-cortadeiras, aplicou-se a isca granulada Grão Verde (Dipil), contendo fipronil 0,01% + sulfluramida 0,01%, na dose de 10 g m⁻², distribuída em nove armadilhas instaladas nas extremidades da área experimental. O manejo de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais com enxada ao longo do ciclo da cultura. Destaca-se que esses fatores, bem como a ocorrência de outras pragas, mantiveram-se devidamente controlados durante todo o período experimental, dispensando intervenções adicionais. O desbaste seletivo das plantas de milho foi realizado aos 10 DAE, permanecendo uma planta a cada 0,20 m, no sulco de plantio. A irrigação foi realizada de forma manual conforme as necessidades hídricas da cultura. As espécies de cobertura foram semeadas 15 dias após o plantio (DAP) do milho, representando um tratamento por espécie, semeadas nas seguintes densidades: 9 kg ha⁻¹ de *Brachiaria ruziziensis*, 135 kg ha⁻¹ de *Canavalia ensiformis*, 80 kg ha⁻¹ de *Mucuna pruriens* e 32 kg ha⁻¹ de *Vigna unguiculata*.

Aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE) do milho, foram coletados os

indicadores biométricos (altura, número de folhas e diâmetro do caule), massa seca vegetal (folhas, colmo e panícula) e área foliar. As avaliações de caráter destrutivo foram realizadas em duas plantas aleatórias em cada parcela, totalizando 50 plantas por avaliação, sendo a última, após o pendoamento do milho (estádio VT), quando a planta cessou o crescimento vegetativo e iniciou estágio reprodutivo.

Após as medições no campo, as plantas foram separadas em raiz, colmo e folhas e acondicionadas em sacos de papel identificados conforme o tratamento para obtenção da massa seca, em estufa de ventilação forçada com temperatura de 65° C até atingir peso constante.

O diâmetro do colmo do milho (DC) (Figura 2A) foi definido a partir de 3 cm acima da superfície do solo com o auxílio de paquímetro. A altura da planta foi mensurada a partir da base, aos 3 cm acima da superfície do solo até a última folha totalmente expandida com lígula evidente com o auxílio de régua graduada (nos primeiros estádios) e fita métrica (trena) nos estádios posteriores (Figura 2B) e área foliar (AF) foi obtida com o auxílio do medidor de área foliar Leaf Area Meter laser modelo CI-202 (Figura 2C), sendo as folhas separadas do colmo a partir do colar e os valores de área foliar armazenados. A contagem das folhas foi determinada até a última folha totalmente expandida com lígula evidente.

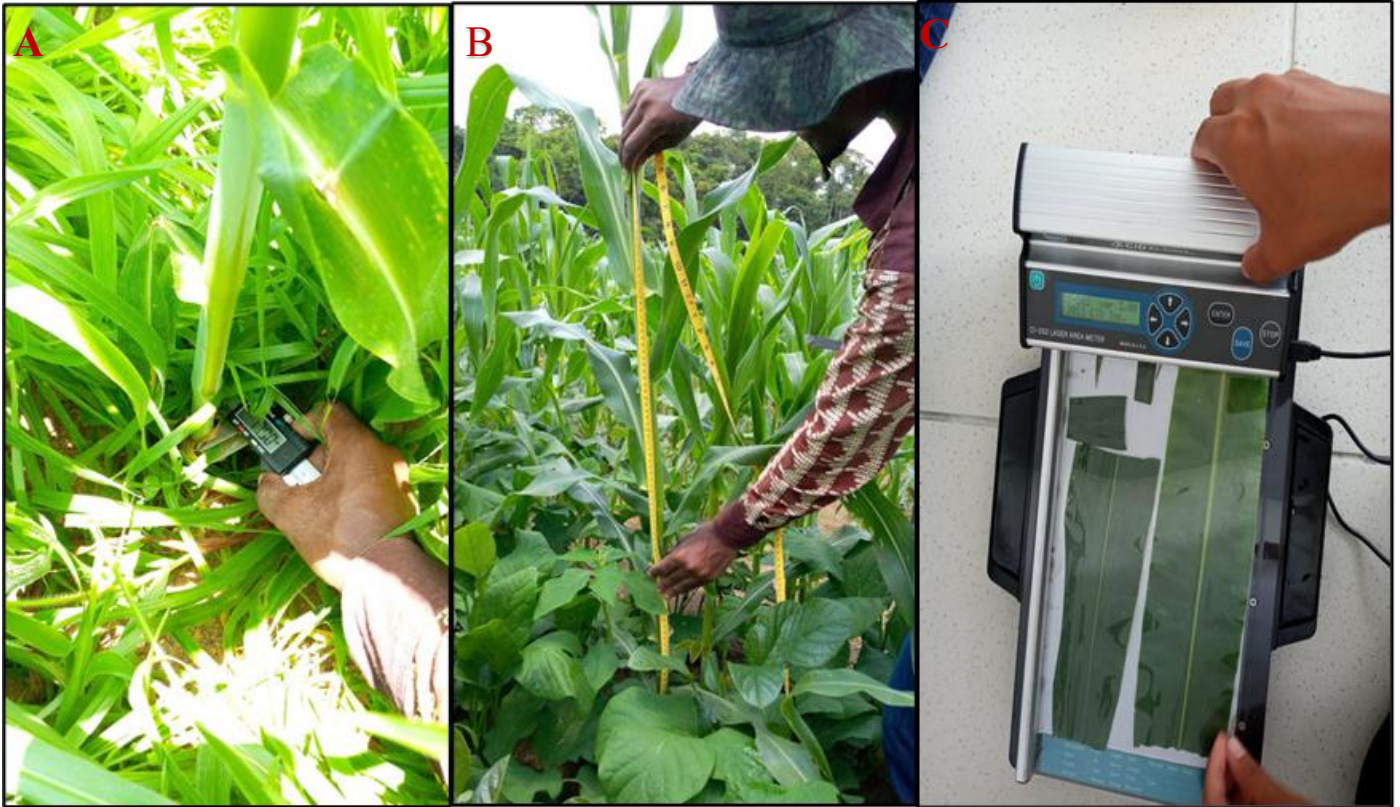


Figura 2. Medição do diâmetro do colmo (A), da altura da planta (B) e da área foliar (C) em milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com plantas de cobertura na Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

A partir da coleta dos dados foi calculado índice de área foliar (IAF) determinado pela razão entre área foliar da planta e a área de solo ocupado. Conforme a fórmula: $IAF = (Af/At) (dm^2 dm^{-2})$, Em que: Af= área foliar e At= área de solo ocupado.

As avaliações destrutivas foram realizadas em duas plantas aleatórias por parcela em cada período de avaliação. Após a coleta, as plantas foram separadas em raiz, colmo e folhas para determinação da massa seca, não havendo reavaliação das mesmas plantas nos períodos subsequentes. Dessa forma, cada período correspondeu a uma avaliação independente dentro da respectiva unidade experimental.

Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade (Qui-quadrado) no programa Genes e, em seguida, à análise de variância, considerando-se os efeitos de bloco, espécie de cobertura, período de avaliação e interação cobertura $\times$ período. Para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, as variáveis altura de plantas e índice de área foliar (IAF) foram transformadas por $(\sqrt{(x + 0,5)})$, e o diâmetro do colmo, por $(1/\sqrt{(x + 0,5)})$, em que x representa o valor original da variável.

Quando observada interação significativa entre cobertura $\times$ período, os efeitos foram desdobrados e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as variáveis com efeito significativo do período de avaliação, os dados foram submetidos à análise de regressão, considerando os períodos como variável quantitativa. Os modelos foram selecionados com base na significância dos coeficientes pelo teste t, no coeficiente de determinação (R^2), no ajuste aos dados observados e na coerência biológica da equação. As análises foram realizadas no programa estatístico RStudio versão 4.0.2 (RStudio Team, 2020), utilizando-se o Excel 365 para elaboração dos gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas influenciaram o estabelecimento inicial do milho e das plantas de cobertura, sobretudo devido à baixa precipitação e às elevadas temperaturas durante a semeadura, tornando necessária a irrigação suplementar. Posteriormente, o aumento das chuvas favoreceu o desenvolvimento

vegetativo do milho e o estabelecimento das plantas de cobertura.

Todas as variáveis estudadas apresentaram interação significativa entre os fatores avaliados

(cobertura e períodos), exceto número de folhas, indicando que as coberturas vegetais associadas aos períodos não interferiram na biometria das plantas do milho (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de plantas (AL), diâmetro do colmo (DC), área foliar total (AFT), matéria seca total (MST) e índice de área foliar (IAF) de plantas de milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e controle (sem cobertura), avaliadas aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

Quadrados Médios							
FV	GL	NF	AL	DC	AF	MST	IAF
Cobertura	4	2.92 ^{NS}	0.201*	40.56*	3.109*	7.340*	0.121*
Período	4	363.34*	92.328*	908.54*	102.933*	258.014*	3.865*
Cobertura x período	16	2.23 ^{NS}	0.034*	11.08*	0.817*	2.251*	0.040*
Resíduo	100	1.35	0.010	3.97	0.283	0.83	0.012
CV (%)		13.25	14.08	14.91	14.17	20.02	9.2

* = Significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} = não significativo pelo teste F.

Não houve interferência das plantas de cobertura na altura inicial do milho (Tabela 3). Este fato pode estar relacionado ao lento crescimento inicial que as coberturas apresentaram, quando comparado ao milho cuja semeadura foi realizada antes das coberturas. Segundo Gimenes et al., (2008) a semente do milho possui grandes quantidades de reserva, o que favorece o crescimento inicial.

No entanto, a partir dos 42 DAE (dias após emergência), apesar de não diferirem entre si, *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* proporcionaram as maiores alturas até o final do estágio vegetativo do

milho (70 DAE), quando comparadas ao controle. *C. ensiformis* também incrementou a altura das plantas de milho nos dois últimos períodos avaliados, apresentando, maiores resultados em relação ao controle, diferindo de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* apenas aos 70 dias, onde foi a segunda melhor cobertura para a altura das plantas. *M. pruriens*, apesar de não apresentar o maior desempenho nos períodos iniciais, ao final do estágio vegetativo do milho, foi melhor que o tratamento controle, (Tabela 3), juntamente com *B. ruziziensis* e *V. unguiculata*.

Tabela 3. Altura da planta de milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e controle (sem cobertura), avaliadas aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

Plantas de cobertura	AL (m)				
	14 DAE	28 DAE	42 DAE	56 DAE	70 DAE
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0.08a	0.16a	0.55a	1.37a	1.74a
<i>Vigna unguiculata</i>	0.09a	0.20a	0.47a	1.30a	1.80a
<i>Canavalia ensiformis</i>	0.11a	0.19a	0.43a	1.23a	1.59b
<i>Mucuna pruriens</i>	0.07a	0.17a	0.38b	1.05b	1.71a
Controle	0.06a	0.10a	0.25b	0.84c	1.39c
CV (%)	14.08				

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Um estudo semelhante, feito por Demari et al., (2016) sobre o crescimento e a produtividade de milho verde com diferentes coberturas do solo em sistema de plantio direto, atestou a interferência das coberturas vegetais na altura da planta do milho no estágio vegetativo e aferiu que o maior desempenho da altura de plantas foi obtido nas coberturas de espécie leguminosas quando comparada com as gramíneas.

Outro estudo feito por Pelá et al., (2010), com o objetivo de avaliar duas variedades de crotalaria consorciadas na pré-safra do milho, constatou que as coberturas de crotalaria proporcionam as maiores médias de altura da planta em comparação com cobertura de braquiária. A altura

da planta é um parâmetro biométrico fundamental para determinar o grau de crescimento e desenvolvimento da cultura (Wang et al., 2018; Bitella et al., 2024). Contudo, plantas excessivamente altas podem ser mais suscetíveis ao acamamento, comprometendo a produtividade e dificultando a colheita mecanizada (Miao et al., 2024).

Em relação ao diâmetro do colmo, todas as coberturas foram superiores ao controle (Figura 3). Ao longo do estágio vegetativo o tratamento com *B. ruziziensis* conferiu maior diâmetro quando comparado com as demais coberturas, enquanto *C. ensiformis* apresentou menor desempenho final da fase vegetativa.

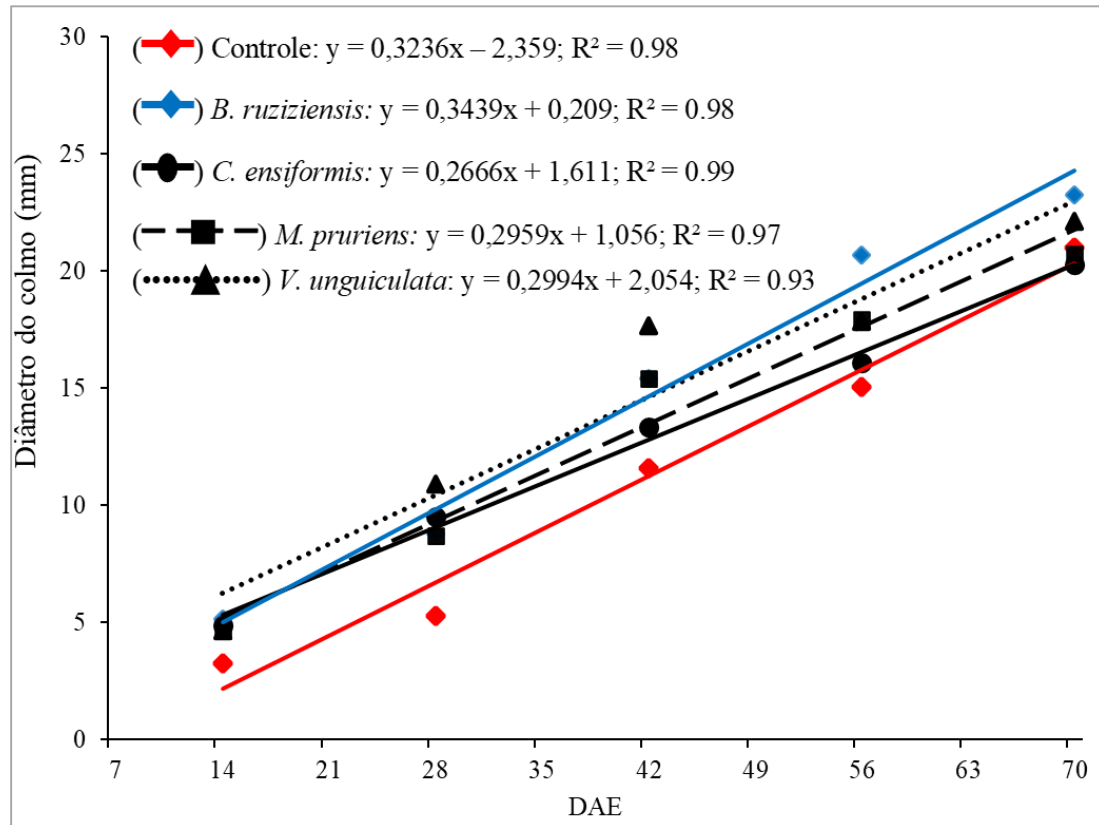


Figura 3. Diâmetro do colmo da planta de milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e controle (sem cobertura), avaliado aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

Em estudo sobre os efeitos de diferentes coberturas vegetais na produção de milho, onde foram testadas as coberturas *Pennisetum glaucum*, *Crotalaria juncea*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brassica rapa*, os autores constataram que as coberturas não causaram nenhuma interferência no diâmetro do colmo nos primeiros dias do ciclo (Oliveira et al., 2019; Pacheco et al., 2017). Em outra pesquisa feita por Pelá et al., (2010) com objetivo de avaliar plantas de cobertura em pré-safrá e doses de adubo NPK sobre a produtividade do milho, os autores afirmaram que as leguminosas proporcionaram os maiores diâmetros do colmo do milho em relação à cobertura com braquiária.

O diâmetro do colmo é uma característica morfológica bastante importante para obtenção da alta produção, porque plantas vigorosas e com maior diâmetro significa que têm maior capacidade de armazenar fotoassimilados (Carlson et al., 2021; Sun et al., 2021).

No que se refere a área foliar (AF), as coberturas de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* e *V. unguiculata* proporcionaram melhor desempenho desta variável durante o ciclo. No entanto, os valores no final do estágio vegetativo 70 DAE foram todas iguais estatisticamente (Figura 4).

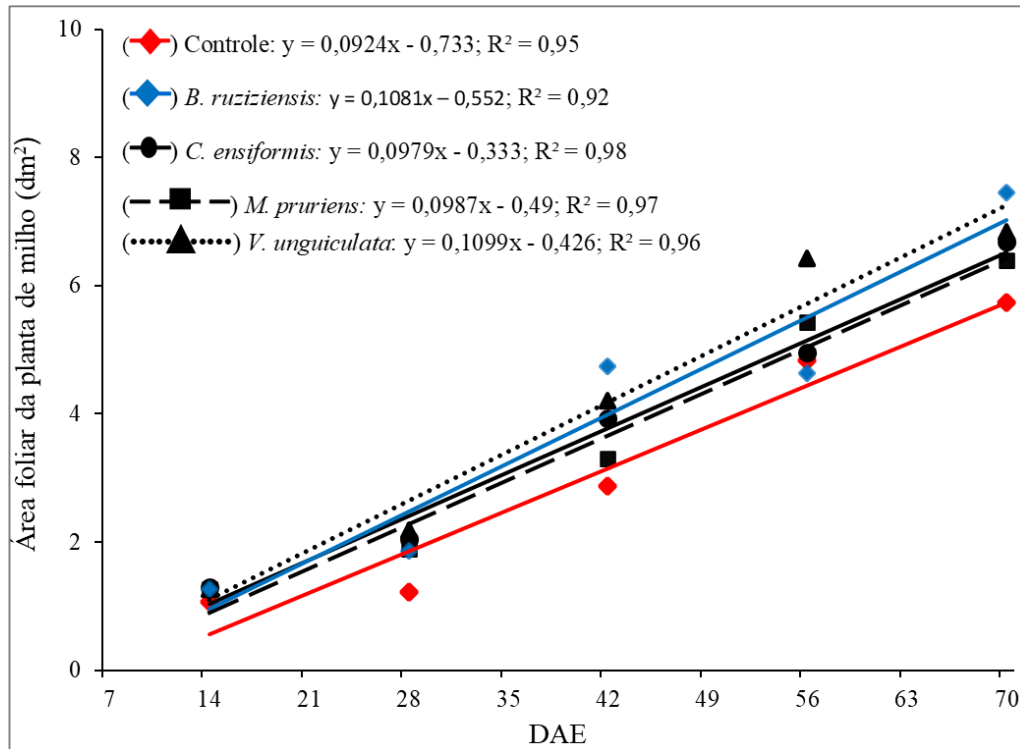


Figura 4. Área foliar (dm²) da planta de milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e controle (sem cobertura), avaliado aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

Plantas de milho pertencem ao grupo fotossintético C4, apresentam maior eficiência na captação da luz, consequentemente com crescimento inicial rápido.

De acordo com Li et al., (2022), geralmente plantas com maiores valores de área foliar possuem maior capacidade de captar a radiação solar (fonte de energia) indispensável para a fotossíntese das plantas, possibilitando desta forma a conversão de energia solar em matéria seca, podendo proporcionar maior produção final.

As plantas de milho com maior produção de massa seca foram obtidas no tratamento com *B. ruziziensis*, as quais mostraram uma ótima cobertura em relação aos demais, provavelmente, por favorecer maior taxa de cobertura, rápido estabelecimento e menor amplitude térmica ao solo. Segundo Oliveira et al., (2019), essas coberturas quando cultivada em consórcio com milho aumentam a biomassa pós-colheita de milho, podendo trazer benefícios de ciclagem de nutrientes. O tratamento que acarretou o

resultado menos recomendado foi obtido com o uso de *M. pruriens*, com menor produção de massa seca, além também do próprio controle (Figura 5).

Em agroecossistemas tropicais, as braquiárias desempenham papel relevante na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, sendo amplamente utilizadas como plantas de cobertura e culturas intercalares, especialmente em sistemas de consórcio e sucessão de culturas (Baptistella et al., 2020). Seu sistema radicular abundante e profundo contribui para a formação e estabilização dos agregados do solo, favorece a porosidade e a condutividade hidráulica e pode melhorar a infiltração e o armazenamento de água no perfil. Essas características proporcionam condições mais favoráveis ao crescimento e aprofundamento das raízes, ampliando a exploração do perfil do solo e o acesso à água e aos nutrientes disponíveis em camadas subsuperficiais pelas culturas consorciadas ou cultivadas em sucessão (Silva et al., 2021).

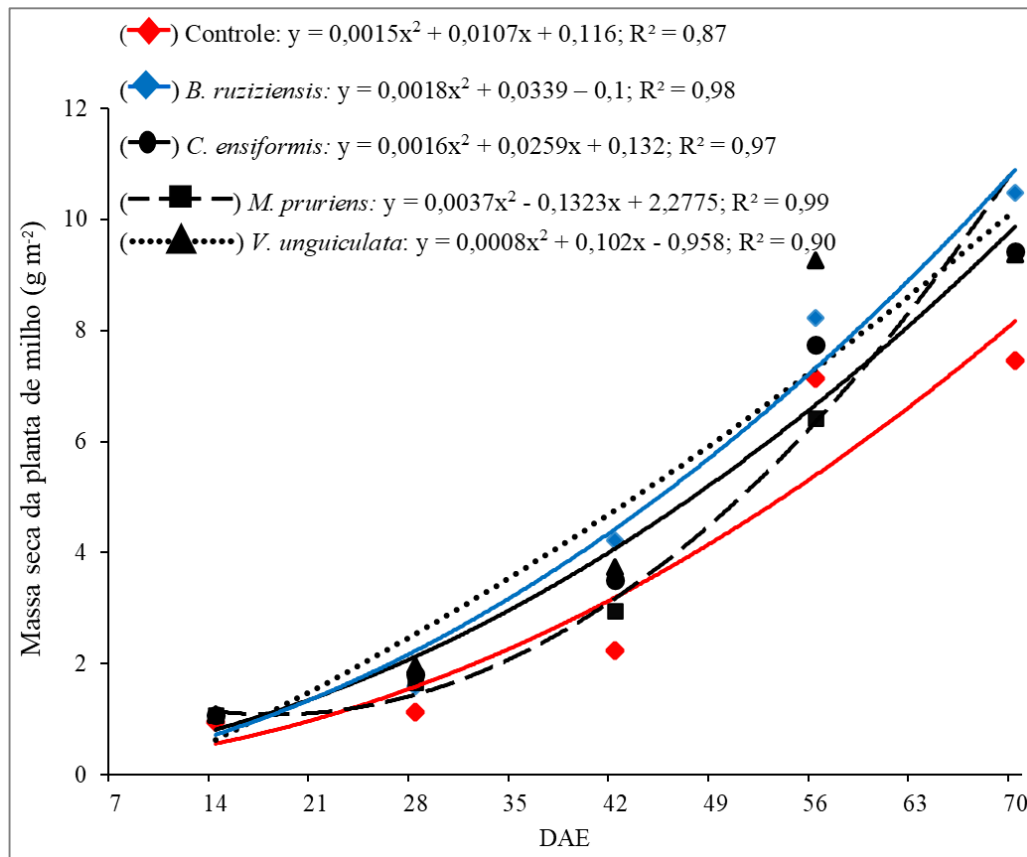


Figura 5. Massa seca (g m^{-2}) da planta de milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e controle (sem cobertura), avaliado aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

As plantas de milho em todos os tratamentos tiveram acúmulo da matéria seca inicial lenta seguida de incremento acentuado até ao final do estágio de crescimento. O baixo valor da matéria seca da planta de milho consorciado com *C. ensiformis* pode ser relacionado ao hábito trepador dessa cobertura que chega a cobrir e dificultar o crescimento da planta de milho e desta forma condicionando o acúmulo da matéria seca. Estes resultados não corroboram com o estudo feito por Gerlach, (2019), onde constataram que as coberturas vegetais não causam influência sobre o acúmulo da matéria seca na planta de milho.

A área foliar de uma planta expressa a quantidade da biomassa responsável para produção de fotoassimilados, carboidratos e proteínas (Chen et al., 2024; Patil et al., 2018). A área foliar reflete a capacidade fotossintética e de interceptação da luz solar, bem como efetuar trocas gasosas com o ambiente, constituindo-se assim em importante indicativo da produtividade das culturas (Hirooka; Homma, 2026; Mota et al., 2025).

O índice de área foliar, por expressar a proporção de cobertura do solo, implica em importante fator a ser considerado para a definição das práticas de manejo, sendo indicadores importantes do desenvolvimento da cultura pois disponibiliza informação durante o estágio vegetativo que pode apoiar os processos de tomada de decisão do agricultor (Taiz et al., 2024).

Não houve interferência das plantas de cobertura no índice da área foliar (IAF) nos primeiros dias do ciclo do milho. Este fato pode estar relacionado ao lento estabelecimento das coberturas no solo. No entanto, todas as coberturas promoveram aumento linear dessa variável na planta de milho durante toda a fase vegetativa do período avaliado (70 DAE) e não tiveram diferenças entre si, tendo também atingido seu ponto máximo no final do período avaliado para todos os tratamentos (Figura 6), esta tendência está bastante coerente com a área foliar, pois, as plantas com maior área foliar têm a maior capacidade de captação de radiação solar.

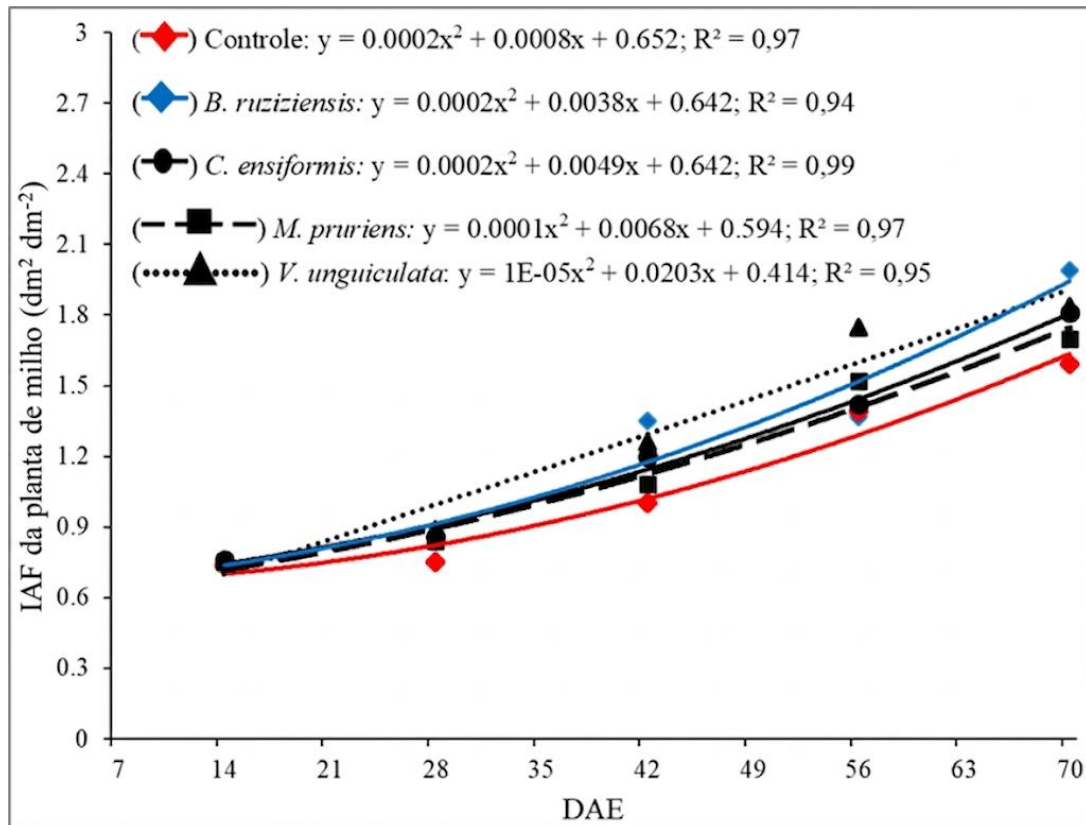


Figura 6. Índice da área foliar ($\text{dm}^2 \text{dm}^{-2}$) da planta de milho (*Zea mays* L.), cultivado em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e controle (sem cobertura), avaliado aos 14, 28, 42, 56 e 70 dias após a emergência (DAE). Fazenda Experimental da UFAM, Manaus-AM (Safrá 2020).

CONCLUSÃO

O consórcio do milho com plantas de cobertura favoreceu o desenvolvimento vegetativo da cultura, com destaque para *Brachiaria ruziziensis* e *Vigna unguiculata*, que proporcionaram os melhores resultados para altura de plantas, diâmetro do colmo, área foliar, produção de matéria seca e índice de área foliar durante o período avaliado. Esses resultados indicam que essas espécies são opções adequadas para o cultivo consorciado do milho, contribuindo para o crescimento vegetativo da cultura nas condições edafoclimáticas da Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical e à Fazenda Experimental da UFAM, pela infraestrutura e suporte técnico disponibilizados para a condução do

experimento. Reconhecem ainda o apoio da equipe de campo e dos laboratórios envolvidos nas análises físico-químicas do solo, que foram fundamentais para a realização deste estudo.

FINANCIAMENTO

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), por meio da concessão de bolsas e recursos que viabilizaram a execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A. C. dos S., J. Bonifácio, M. Pusch, F. C. de Oliveira, L. O. Geseinhoff, e G. A. Biscaro. 2017. Produtividade e eficiência de uso da água em milho

- cultivado com diferentes estratégias de manejo hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** 11 (3): 1448–57. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n300577>.
- Baptistella, J. L. C., S. A. L. de Andrade, J. L. Favarin, e P. Mazzafera. 2020. Urochloa in Tropical Agroecosystems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00119>.
- Bitella, G., R. Bochicchio, D. Castronuovo, S. Lovelli, G. Mercurio, A. R. Rivelli, L. Rosati, et al. 2024. Monitoring Plant Height and Spatial Distribution of Biometrics with a Low-Cost Proximal Platform. **Plants**. 13 (8). <https://doi.org/10.3390/plants13081085>.
- Carlson, C., G. Stack, Y. Jiang, B. Taşkıran, A. Cala, J. Toth, G. Philippe, J. Rose, C. Smart, e L. Smart. 2021. Morphometric relationships and their contribution to biomass and cannabinoid yield in hybrids of hemp (*Cannabis sativa*). **Journal of Experimental Botany**. 72: 7694–7709. <https://doi.org/10.1101/2021.05.09.443329>.
- Carvalho, W. P. de, Carvalho, G. J. de, Andrade, M. J. B. de, Fonseca, G., Andrade, L., Oliveira, D. P., & Valaci, F. (2012). Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista brasileira de Biociências**. 10 (1), 86.
- Chen, R., Xiao, S., Dong, C., Xie, S., Zhang, L., Wu, F., Tu, C., et al. (2024). Ontogenetic shifts in leaf biomass allocation in crop plants. **National Science Review** 11, no.10. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae349>.
- Demari, G. H., Carvalho, I. R., Nardino, M., Szareski, V. J., Dellagostin, S. M., Rosa, T. C., ... & Zimmer, P. D. (2016). Importance of nitrogen in maize production. **International Journal of Current Research**, 8(8), 36629-36634.
- Dias, F. S., W. M. Rezende, L. T. Zuffo, D. G. Caixeta, M. A. Massensini, J. I. Ribeiro Junior, e R. O. Delima. 2019. Agronomic responses of maize hybrids to row spacing and plant population in the summer and winter seasons in Brazil. **Agronomy Journal**. 111 (6): 3119–29. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0765>.
- Dzvene, A., W. Tesfuhuney, S. Walker, e G. Ceronio. 2023. Management of Cover Crop Intercropping for Live Mulch on Plant Productivity and Growth Resources: A Review. **Air, Soil and Water Research**. 16. <https://doi.org/10.1177/11786221231180079>.
- Francafiglia, R., M. Almagro, e J. L. Vicente-Vicente. 2023. Conservation Agriculture and Soil Organic Carbon: Principles, Processes, Practices and Policy Options. **Soil Systems**. MDPI. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7010017>.
- Gerlach, Gustavo Antonio Xavier, JC D. SILVA, and Orivaldo Arf. Resposta do milho em consórcio com adubos verde no sistema plantio direto. **Acta Iguazu** 8.2 (2019): 134-146.
- Gimenes, M. J., Victoria Filho, R., Prado, E. P., Dal Pogetto, M. H. F. A., Christovam, R. S. (2008) Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, 15 (2):61-76.
- Hirooka, Y., & Homma, K. (2026). Advances in non-destructive assessment of rice canopy dynamics using plant canopy analyzer measurements. **Plant Production Science**. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2026.2655612>.
- Hryhoriv, Ya. Ya., A. Butenko, I. Masyk, T. Onychko, G. Davydenko, L. Bondarieva, A. Hotvianska, K. Horbunova, Y. Yevtushenko, e V. Mykola. 2023. Growth and Development of Sweet Corn Plants in the Agro–Ecological Conditions of the Western Region of Ukraine. **Ecological Engineering & Environmental Technology**. <https://doi.org/10.12912/27197050/162699>.
- Khan, M. T., Aleinikovienė, J., & Butkevičienė, L. M. (2024). Innovative Organic Fertilizers and Cover Crops: Perspectives for Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change and Organic Agriculture. **Agronomy**. (Vol. 14, Number 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agronomy14122871>.
- Klopp, H. W. 2024. Effects of Interseeding Cover Crops into Corn and Soybean on Biomass Production, Grain Yields and Ecosystem Services: A Review. **Agronomy**. Multidisciplinary Digital Publishing

- Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agronomy14061229>.
- Li, Y., B. Ming, P. Fan, Y. Liu, K. Wang, P. Hou, J. Xue, S. Li, e R. Xie. 2022. Quantifying contributions of leaf area and longevity to leaf area duration under increased planting density and nitrogen input regimens during maize yield improvement. **Field Crops Research**. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108551>.
- Magalhães, P. C., & Durães, F. O. (2006). **Fisiologia da produção de milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76.
- Malavert, C. (2026). Integrating cover crops into weed management: A meta-analysis of agronomic impacts. **Weed Science**, 74(1). <https://doi.org/10.1017/wsc.2026.10084>.
- Matheis, H. A. S. M., de Azevedo, F. A., & Ricardo, V. F. (2020). Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Citrus Research & Technology**. 27(1), 0-0.
- Mhlanga, B., B. S. Chauhan, e C. Thierfelder. 2016. Weed management in maize using crop competition: A review. **Crop Protection**. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.05.008>.
- Miao, L., X. Wang, C. Yu, C. Ye, Y. Yan, e H. Wang. 2024. What factors control plant height? **Journal of Integrative Agriculture**. Editorial Department of Scientia Agricultura Sinica. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.03.058>.
- Mota, M. C., Candido, L. A., Cuadra, S. V., Marengo, R. A., Tomé, A. M., Lopes, A. B. D. A., Lima, F. L. D., Reis, J., & Brizolla, R. M. (2025). Validation of the leaf area index estimated using the extinction coefficient of photosynthetically active radiation in soybean. **Italian Journal of Agrometeorology**. 2025, no.1: 19–29. <https://doi.org/10.36253/ijam-2770>.
- Moura, E., R. Sousa, L. Campos, A. Cardoso-Silva, S. Mooney, e A. Aguiar. 2021. Could more efficient utilization of ecosystem services improve soil quality indicators to allow sustainable intensification of Amazonian family farming? **Ecological Indicators**. 127. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107723>.
- Nolla, A., Jucksh, I., Castaldo, JH, Alvarenga, RC, da Costa, LM, da Silva Damy, CR, & da Mota Neto, LV (2019). Cobertura do solo, produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes em sistema de consórcio de milho e leguminosas. **Australian Journal of Crop Science**. 13 (3), 328-334.
- Ojeda-Rivera, JO, Barnes, AC, Ainsworth, EA, Angelovici, R., Basso, B., Brindisi, LJ, ... & Buckler, ES (2025). Desenvolvendo um milho tolerante ao frio com uso eficiente de nitrogênio para sistemas agrícolas modernos. **The Plant Cell**. 37 (7), koaf139.
- Oliveira, I. J., A. Atroch, M. Dias, L. Guimarães, e P. Guimarães. 2017. “Selection of corn cultivars for yield, stability, and adaptability in the state of Amazonas, Brazil.” **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 52: 455–63. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000600009>.
- Oliveira, I. J., J. R. Antoniol Fontes, and R. R. Morais. 2020. Agronomic Performance of Eight Corn Genotypes in Two Sowing Periods. **Revista Agro ambiente On-line**. 14 (June). <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v14i0.5987>.
- Oliveira, I., J. Fontes, e J. Barreto. (2017). *BRS 1055 – Híbrido Simples de Milho para o Amazonas* (Comunicado Técnico N° 126). Embrapa Amazônia Ocidental.
- Oliveira, S. M. de, R. E. M. de Almeida, C. P. Junior, A. F. de B. Reis, L. F. N. Souza, e J. L. Favarin. 2019. Contribution of corn intercropped with brachiaria species to nutrient cycling. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 49 (fevereiro). <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4955018>.
- Oliveira, S., R. Almeida, C. Pierozan, A. Reis, L. Souza, e J. Favarin. 2019. Contribution of corn intercropped with Brachiaria species to nutrient cycling1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4955018>.
- Pacheco, L., A. S. D. C. S. Miguel, R. R. C. Da Silva, E. D. De Souza, F. Petter, e C. Kappes. 2017. Produção de fitomassa em sistemas de produção de soja em sucessão a culturas e plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 52: 582–91. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000800003>.

- Patil, P., Biradar, P., Bhagawathi, A. U., & Hejjegar, I. S. (2018). A Review on Leaf Area Index of Horticulture Crops and Its Importance. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 7, no.04: 505–13. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.059>.
- Pelá, A., J. Da, S. Santana, E. Rodrigues De Moraes, G. De, e M. Pelá. 2010. Plantas de cobertura e adubação com NPK para milho em plantio direto cover crops and npk fertilization on corn under no-tillage management. **Scientia Agraria**. Vol. 11.
- Quintarelli, V., Radicetti, E., Allevato, E., Stazi, S. R., Haider, G., Abideen, Z., Bibi, S., Jamal, A., & Mancinelli, R. (2022). Cover Crops for Sustainable Cropping Systems: A Review. **Agriculture**. (Switzerland) (Vol. 12, Number 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122076>.
- Revilla, P., Alves, ML, Andelković, V., Balconi, C., Dinis, I., Mendes-Moreira, P., ... & Malvar, RA (2022). Alimentos tradicionais à base de milho (Zea mays L.) na Europa. **Fronteiras na Nutrição**. 8, 683399.
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development Environment for R* [Computer software]. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>
- Silva, R. F. da, E. da C. Severiano, G. C. de Oliveira, S. M. Barbosa, D. S. Peixoto, D. Tassinari, B. M. Silva, S. H. G. Silva, M. de S. Dias Júnior, e T. d'Aquino F. R. Figueiredo. 2021. Changes in soil profile hydraulic properties and porosity as affected by deep tillage soil preparation and Brachiaria grass intercropping in a recent coffee plantation on a naturally dense Inceptisol. **Soil and Tillage Research**. 213: 105127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105127>.
- Sun, C., Y. Y8,, L. Jia, X. Liu, H. Xu, H. Lv, Z. Huang, e D. Zhang. 2021. QTL mapping of the genetic basis of stem diameter in soybean. **Planta**. 253 (5), 109. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03628-x>.
- Taiz, L., E. Zeiger Ian Max Møller, e A. Murphy. 2024. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 7ª Edição**.
- Wang, L., B. Ren, B. Zhao, P. Liu, e J. Zhang. 2022. Comparative Yield and Photosynthetic Characteristics of Two Corn (Zea mays L.) Hybrids Differing in Maturity under Different Irrigation Treatments. **Agriculture (Switzerland)**. 12 (3). <https://doi.org/10.3390/agriculture12030365>.
- Wang, X., D. Singh, S. Marla, G. Morris, e J. Poland. 2018. Field-based high-throughput phenotyping of plant height in sorghum using different sensing technologies. **Plant Methods**. 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0324-5>.
- Wang, Z., P. He, X. Li, T. Liu, S. Shah, H. Ren, B. Ren, P. Liu, J. Zhang, e B. Zhao. 2024. Enhancing yield of modern maize (Zea mays L.) hybrids through the optimization of population photosynthetic capacity and light-nitrogen efficiency under high density. **Journal of Integrative Agriculture**. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.09.007>.