

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL



**COBERTURAS VEGETAIS E SEUS EFEITOS NAS  
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO (*Zea mays* L.)**

JERÓNIMO ALEXANDRE RAFAEL

MANAUS – AM

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

JERÓNIMO ALEXANDRE RAFAEL

**COBERTURAS VEGETAIS E SEUS EFEITOS NAS  
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO (*Zea mays* L.)**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>.Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino

MANAUS

2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R136c Rafael, Jeronimo Alexandre  
Coberturas vegetais e seus efeitos nas características agronômicas do milho (*Zea mays* L.) / Jeronimo Alexandre Rafael.2021  
60 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Sônia Maria Figueiredo Albertino  
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Análise de crescimento. 2. Períodos. 3. Componentes morfofisiológicos. 4. Coberturas. I. Albertino, Sônia Maria Figueiredo. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## JERÓNIMO ALEXANDRE RAFAEL

Coberturas vegetais e seus efeitos nas características agronômicas do milho (*Zea mays* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 05 de novembro de 2021.

### BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas

Odiluz Maria  
Saldanha de  
Oliveira:70417393253

Assinado de forma digital por  
Odiluz Maria Saldanha de  
Oliveira:70417393253  
Dados: 2021.11.06 19:39:02 -04'00'

Profa. Dra. Odiluz Maria Saldanha de Oliveira, Membro  
Instituto Federal do Amazonas



Profa. Dra. Albejamere Pereira de Castro, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

## DEDICATÓRIA

*À minha esposa Joanita, pela paciência e perseverança de esperar por mim nos dois anos ausente de casa, por conta do mestrado e do meu querido pai Alexandre.*

*Às minhas filhas Maria e Tabita e a todos irmãos do Clamor da meia noite.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus do Profeta Kacou Philippe por me conservar em segurança durante todo o período do curso.

À minha orientadora Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino pelo acompanhamento, orientação e paciência que teve durante todo o processo desde a minha chegada ao Brasil.

Ao Ministério da ciência e tecnologia, ensino superior e técnico profissional da Republica de Moçambique por conceder a oportunidade de realizar o mestrado.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de me integrar ao programa de pós-graduação em Agronomia Tropical, contribuindo para minha formação acadêmica e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos e fomento à Pós-Graduação.

Aos amigos Inozile, Luisa, Mazalo, Mauro, Daniel, Karla, Bruna, Talissa, Kamila e Naara por todo apoio prestado.

À Letícia Souza que me ajudou bastante na execução do experimento, e a todos aqueles que direta e indiretamente participaram deste trabalho, muito obrigado!

***“Mas a meia-noite ouviu-se um clamor:  
Eis o noivo! Saia para encontrá-lo”***

Mateus 25v6

## RESUMO

A produtividade do milho na região Amazônica é relativamente baixa, quando comparada com outros estados do Brasil. Com isso, a baixa fertilidade natural dos solos e a pouca adoção de tecnologias sustentáveis são fatores responsáveis pelos baixos níveis de rendimentos. As coberturas vegetais têm se revelado como excelente alternativa no manejo sustentável, contribuindo para a melhoria da produtividade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de coberturas vegetais nas características agronômicas e nos componentes morfofisiológicos do milho, por meio da análise de crescimento. Foram conduzidos dois experimentos em duas áreas diferentes denominadas ciclo 1 e ciclo 2. Os experimentos foram conduzidos na fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas. 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 mais um tratamento controle composto pelas espécies ocorrentes da área, e cinco períodos de coletas (14, 28, 42, 52 e 70 Dias após emergência) totalizando 25 tratamentos, com 5 repetições. Neste estudo foram avaliados: altura da planta, diâmetro do colmo do milho, número de folhas, área foliar, peso da matéria seca total (raiz, colmo e folhas), índice de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo. Até aos 70 DAE, as coberturas de *Brachiaria ruziziensis* e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. mostraram-se satisfatórias, pois conferiram melhores desempenhos para as características agronômicas no sistema de cultivo de milho.

**Palavras-chave:** análise de crescimento; períodos; componentes morfofisiológicos.

## ABSTRACT

Corn productivity in the Amazon region is relatively low, when compared to other states in the country. The low natural fertility of the soils and the little adoption of sustainable technologies are factors responsible for the low yield levels. Vegetative mulches have been revealed as an excellent alternative in sustainable management, contributing to the improvement of productivity. The principal aim of the present work was to evaluate the effect of the use of mulches on the agronomic characteristics and morpho-physiological components of corn, by conducting growth analysis. Two trails were conducted in two different areas denoted cycle 1 and cycle. The research was conducted in the experimental farm of the Federal University of Amazonas. The experimental design was randomized blocks in a 4x5 factorial arrangement, with four cover crop species (*Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* and a control treatment composed of the species occurring in the area, and five collection periods (14, 28, 42, 52 and 70 Days after emergence - DAE) totaling 25 treatments, with 5 replications. The following parameters: plant height, corn stalk diameter, number of leaves, leaf area, total dry matter weight (root, stalk and leaves), leaf area index, specific leaf area, net assimilation rate and relative growth rate. Until the end of the vegetative stage (70 DAE), the coverings of *Brachiaria ruziziensis* and *Vigna unguiculata* (L.) Walp. they proved to be satisfactory because they provided better performance for agronomic characteristics in the corn cultivation system.

**Keywords:** Growth rates; periods; morpho-physiological components.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Produção mundial de milho 2017. ....	18
<b>Figura 2.</b> Cobertura de feijão caupi. ....	21
<b>Figura 3.</b> Cobertura de Mucuna. ....	23
<b>Figura 4.</b> Cobertura de Feijão de porco. ....	24
<b>Figura 5.</b> Cobertura de Brachiária. ....	25
<b>Figura 6.</b> Localização da área experimental, Manaus - AM, 2020. ....	27
<b>Figura 7.</b> Planta de milho com cobertura de mucuna preta (A) e feijão caupi (B), Manaus - AM, 2020. ....	30
<b>Figura 8.</b> Planta de milho com cobertura de feijão de porco (A) e braquiária (B), Manaus - AM, 2020. ....	31
<b>Figura 9.</b> Lagarta do cartucho (A) e planta de milho com ataque da lagarta (B), Manaus – AM, 2020. ....	32
<b>Figura 10.</b> Medição de diâmetro (A), medição de altura (B) e Área foliar (C), Manaus - AM, 2020. ....	34
<b>Figura 11.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais do ciclo 1 no diâmetro do colmo da planta do milho em função de dias após a semeadura, Manaus - AM, 2020. ....	38
<b>Figura 12.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais do ciclo 1 na área foliar (dm <sup>2</sup> ) da planta de milho ( <i>Zea mays</i> L.), Manaus - AM, 2020. ....	40
<b>Figura 13.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na matéria seca total (g. m <sup>-2</sup> ) da planta de milho ( <i>Zea mays</i> L.), Manaus – AM, 2020. ....	41
<b>Figura 14.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais no índice da área foliar (dm <sup>2</sup> .g.dia <sup>-1</sup> ) da planta de milho ( <i>Zea mays</i> L.), Manaus – AM, 2020. ....	44
<b>Figura 15.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na área foliar específica (dm <sup>2</sup> .g.dia <sup>-1</sup> ) da planta de milho ( <i>Zea mays</i> L.), Manaus – AM, 2020. ....	45
<b>Figura 16.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na taxa assimilatória líquida (dm <sup>2</sup> .g.dia <sup>-1</sup> ) da planta de milho ( <i>Zea mays</i> L.), Manaus – AM, 2020. ....	47
<b>Figura 17.</b> Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na taxa de crescimento total (dm <sup>2</sup> .g.dia <sup>-1</sup> ) da planta de milho ( <i>Zea mays</i> L.), Manaus – AM, 2020. ....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características físico-químicas das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, da área do experimento com milho, Manaus - AM, 2020. ....	28
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância do ciclo 1 e 2 para número de folhas (NF), altura da planta (AL), diâmetro do colmo (DC), Área foliar total (AFT) e matéria seca total (MST) de plantas de milho, submetidas a quatro espécies de cobertura do solo, Manaus, 2020. ....	36
<b>Tabela 3.</b> Médias de altura da planta de milho (m), com plantas de cobertura nas entrelinhas, em quatro períodos de avaliação, no primeiro ciclo de cultivo. Manaus - AM, 2020. ....	37
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância do ciclo 1 e 2 para área foliar específica (AFE), índice da área foliar (IAF), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento (TCC), submetidas a quatro espécies de cobertura do solo, Manaus, AM, 2020. ....	42

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos .....	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
3.1 Características gerais do milho.....	16
3.1.1 Origem e distribuição.....	16
3.1.2 Aspectos socioeconômicos do milho .....	16
3.1.3 Panorama nacional.....	17
3.1.4 Panorama internacional.....	17
3.1.5 Fenologia e estádios de desenvolvimento do milho .....	18
3.2 Coberturas vegetais em sistemas agrícolas.....	20
3.3 Características gerais do feijão caupi [ <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.] .....	21
3.4 Características gerais da Mucuna ( <i>Mucuna pruriens</i> ) .....	22
3.5 Características gerais do Feijão de porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> L.) .....	24
3.6 Características gerais da Brachiária ( <i>Brachiaria ruziziensis</i> ).....	24
3.7 Coberturas vegetais no cultivo do milho .....	25
3.8 Análise de crescimento.....	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
4.1 Localização.....	27
4.2 Características do solo antes da condução do experimento .....	28
4.3 Preparo do solo, calagem e adubação.....	28
4.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	29
4.5 Condução do experimento.....	31
4.6 Controle de pragas .....	32
4.7 Características morfofisiológicas .....	33
4.8 Avaliações de crescimento .....	34
4.9 Análise estatística.....	35
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
5.1 Efeitos das coberturas nas características biométricas da planta do milho ...	35
5.2 Efeitos das coberturas na análise de crescimento da planta do milho .....	42
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais cultivado do mundo, com importância social, econômica e nutricional. Pode ser utilizado de diversas formas, tanto para alimentação humana e animal bem como fonte de matéria prima para as indústrias. Considerado alimento principal e fonte de energia para populações de baixa renda em países africanos devido a sua quantidade de reservas acumuladas nos grãos (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000; BORGES, 2014).

A produção e produtividade do milho no Amazonas são relativamente baixas, quando comparada com outros estados da região (OLIVEIRA et al., 2015). A baixa fertilidade natural dos solos e pouca adoção de tecnologias sustentáveis são fatores responsáveis pelos baixos níveis de rendimentos (SCHLINDWEIN et al., 2014; CUSTÓDIO et al., 2003).

As coberturas vegetais 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 (DABNEY et al., 2001; CARVALHO, 2012).

Por pertencer ao grupo fotossintético C4, o milho é eficiente na atividade fotossintética e exige tecnologias modernas e práticas de manejo agrícola adequadas para garantir produtividades elevadas (RUZ, et al., 2011). Dentre as tecnologias que favorecem o bom desempenho agrônomo do cultivo de 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.

O uso de coberturas vegetais em sistemas de cultivos, particularmente leguminosas, permite consórcio com outras espécies de plantas e fornecem biomassa que pode ser usada para produção de feno e grãos para produção de ração, além de fornecer matéria orgânica e nutrientes essenciais para a

planta de milho, proporcionando uma prática conservacionista importante para o cultivo.

A análise de crescimento é uma ferramenta que permite compreender a fenologia das culturas, pois, fornece com detalhes os componentes morfofisiológicos nos diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento. Estas análises possibilitam compreender a dinâmica de crescimento e o acúmulo de biomassa das plantas (SEVERINO et al., 2004; CONCENÇO et al., 2011). No entanto, pesquisas ligadas a esta área no ecossistema Amazônico ainda são insuficientes, neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do uso de coberturas vegetais nas características agronômicas e nos componentes morfofisiológicos do milho por meio da análise de crescimento.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar as características agronômicas e os componentes morfofisiológicos do milho em consórcio com diferentes coberturas vegetais.

### **2.2 Específicos**

- ❖ Avaliar o acúmulo de matéria seca e da área foliar como indicadores da dinâmica da produção fotossintética e as respostas fisiológicas das plantas de milho submetidas a diferentes coberturas.
- ❖ Analisar os índices de crescimento das plantas de milho submetidas a diferentes coberturas em intervalos contínuos de tempo.
- ❖ Analisar as características agronômicas das plantas de milho submetidas a diferentes coberturas.
- ❖ Identificar a cobertura que promoveu melhor desenvolvimento de plantas de milho.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Características gerais do milho**

##### **3.1.1 Origem e distribuição**

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual com origem no México, importante na alimentação humana e animal, e na produção de combustível (etanol), principalmente nos Estados Unidos. Atualmente, a produção e distribuição é feita em todo o mundo, e o seu uso vem crescendo em decorrência do aumento do consumo per capita de proteína animal, pois continua sendo o ingrediente com maior participação na produção de ração (EMBRAPA, 2017).

De acordo com a FAO, 2020, a produção do milho deve ser incrementada em 70% em todo mundo até 2050 de modo a suprir a deficiência alimentar da população. Contudo, devem-se empregar práticas sustentáveis e conservacionistas de modo a promover altos rendimentos.

##### **3.1.2 Aspectos socioeconômicos do milho**

A importância econômica do milho é qualificada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação humana, animal até a indústria de alta tecnologia (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). O uso do milho em grãos na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal no mundo (IBGE, 2020), também constitui uma das principais culturas de subsistências das populações de baixa renda em todo o mundo.

O milho destaca-se por ter alto valor nutricional (carboidratos) com potencial produtivo quando submetido a diferentes técnicas e tecnologias modernas de produção, gera renda no setor do agronegócio comparando com outras culturas de grãos. Outro fator importante é que pode ser cultivado em quase todos os continentes (GOMES, 2006).

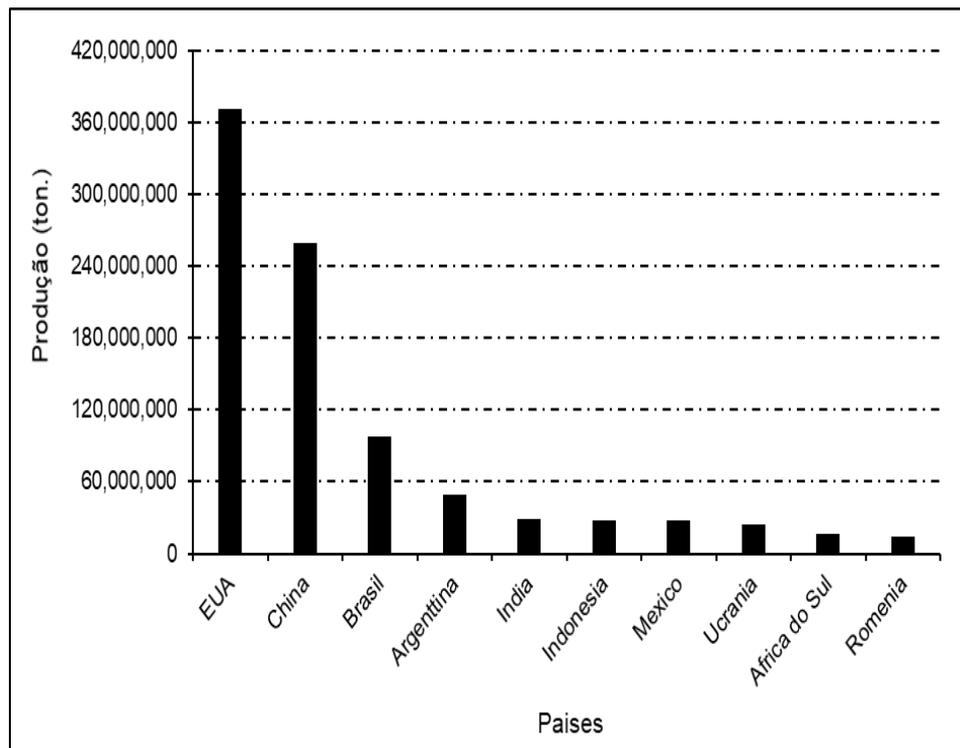
### **3.1.3 Panorama nacional**

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho, ficando abaixo apenas dos EUA e China. Segundo IBGE 2020, o rendimento médio da primeira safra foi de 5.665 kg ha<sup>-1</sup>, numa área plantada de 5.023.850,00 ha. Na região norte do país o rendimento é baixo devido à baixa fertilidade dos solos e falta de técnicas sustentáveis, o rendimento médio foi de 3.386 kg ha<sup>-1</sup>, com área plantada 344.642 ha (IBGE, 2018).

Segundo Oliveira et al., (2015), o estado do Amazonas apresenta baixa produção e produtividade quando comparado com a média da região norte. Contudo, a demanda do milho vem crescendo nos últimos anos. Solos pobres e baixa adoção de técnicas e tecnologias modernas são considerados os principais fatores que condicionam altos rendimentos (SCHLINDWEIN et al., 2014; CUSTÓDIO et al., 2003).

### **3.1.4 Panorama internacional**

Em ordem decrescente, os maiores volumes de produção de grãos são de milho, trigo, arroz, soja e sorgo. Atualmente, os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, com aproximadamente 33% do total (safra 2016/2017); em sequência, aparecem a China, o Brasil e a União Europeia (Figura 1). Estados Unidos, Brasil, Argentina e Ucrânia são considerados países com maiores volumes de exportação (EMBRAPA, 2017).



**Figura 1.** Produção mundial de milho 2017.

**Fonte:** Adaptado EMBRAPA, 2020, Fonte: Adaptada EMBRAPA, 2017.

### 3.1.5 Fenologia e estádios de desenvolvimento do milho

A fenologia vegetal é uma ciência que se dedica ao estudo de fenômenos e alterações periódicas das plantas e suas interações com o meio ambiente durante todo o ciclo de crescimento e desenvolvimento. Este estudo permite compreender as características das plantas em diferentes estádios e fases desde a germinação até a maturação (VENTURA et al., 2009).

A descrição fenológica constitui uma ferramenta eficaz no manejo da cultura, já que possibilita identificar, por meio da observação das características morfológicas da planta, os eventos fisiológicos que se destacam em cada estágio de desenvolvimento, os quais se associam a uma série de necessidades do vegetal, que, uma vez atendidas, possibilita o normal desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, bons rendimentos (PEIXOTO e PEIXOTO, 2011).

O milho é bastante exigente com alto valor produtivo, geralmente cultivado de forma mecanizada (GOMES, 2006), para garantir crescimento e desenvolvimento adequado, a cultura necessita de boa luminosidade, umidade e adubação adequada. Porém, atributos químicos, físicos e biológicos do solo devem ser satisfatórios para atender a demanda dessa gramínea (LANDAU et al., 2009).

A planta de milho se divide em dois principais estádios de crescimento e desenvolvimento, nomeadamente vegetativo (V) e reprodutivo (R). No entanto, o estágio vegetativo está subdividido em V1, V2, V3 até V (n); em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento. O primeiro estágio é considerado na emergência (VE) e o último no pendoamento (Vt,) (MAGALHAES e DURÃES, 2006).

Para garantir ótima germinação do milho é necessário fornecer boas condições edafoclimáticas (BERGAMASCHI e MATZENAUER, 2014). Nessa fase a semente passa pela embebição e absorção de oxigênio, podendo ter a duração influenciada pela profundidade de semeadura (FANCELLI, 2015).

A planta atinge o estágio VE após 4 a 5 dias após a semeadura (DAS) em boas condições de umidade, luz e temperatura adequadas, no entanto, em condições desfavoráveis com baixa umidade e temperatura, a germinação pode tardar até duas semanas ou mais, este estágio é também caracterizado pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleótilo em crescimento para a superfície do solo (MAGALHÃES e DURÃES, 2006). A profundidade das raízes oriundas diretamente da semente (raiz seminal) é influenciada pela profundidade do plantio (MAGALHÃES e DURÃES, 2006).

Na fase vegetativa, os estádios são diferenciados mediante a formação visível de colar de inserção da bainha com o colmo, desta forma a primeira folha de cima para baixo possibilitando assim avaliar o número de folhas expandidas (FANCELLI, 2015).

O estágio de pendoamento (VT) começa após o estágio vegetativo, a planta cessa o crescimento e atinge a altura máxima, o número total de folhas

completamente expedita é alcançado e emite inflorescência e posteriormente a polinização (RITCHIE et al., 2003).

O sucesso do estágio reprodutivo depende dos anteriores mediante todo o manejo a que a planta é submetida. Porém, tem início logo após o pendoamento, a planta emite inflorescência (R1) e inicia a polinização cruzada (RITCHIE et al., 2003).

Nos últimos estádios (R2-R6), também considerados de enchimento de grãos, a planta não pode sofrer qualquer tipo estresse climático sobre tudo a deficiência de água, pois pode condicionar e prejudicar a produção e produtividade final dos grãos (CRUZ et al., 2011; MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

### **3.2 Coberturas vegetais em sistemas agrícolas**

O cultivo sustentável com foco na conservação do solo, preservando suas capacidades produtivas já é usado há tempos remotos devido aos seus benéficos (MAZOYER e ROUDART, 2010). O uso de coberturas é uma das técnicas conservacionistas que possibilita a máxima produção pois promove melhor qualidade física, química e biológica dos solos.

No sistema de cultivo pode-se usar leguminosas e gramíneas como coberturas. No entanto, o uso das leguminosas possibilita a redução da quantidade de nitrogênio aplicado na adubação química, pois essas plantas têm a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* nas raízes, enriquecendo-se o solo com esse macronutriente (MIRANDA, 2008).

As coberturas vegetais na superfície do solo têm vários benefícios como: a dissipação da energia erosiva das gotas de chuva; a redução de perdas de solo e de água por erosão; a preservação da umidade no solo; a redução da amplitude de variação da temperatura do solo; a redução da incidência de plantas daninhas; o favorecimento do manejo integrado de pragas; a estabilização da taxa de ciclagem de nutrientes e a promoção da biodiversidade do solo (EMBRAPA, 2017).

Em sistemas integrados de produção, as coberturas vegetais, além de permitir aumento do aporte de nitrogênio no solo, promovem efeitos benéficos na cultura subsequente, reduzindo a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral (ARF et al, 2018). Essas espécies podem ainda influenciar na diminuição de infestação de pragas e doenças (PATEL e DHILLON, 2017).

O uso de coberturas vegetais em solos degradados e com baixa fertilidade permite a recuperação da fertilidade, ciclagem dos nutrientes, além da incorporação de matéria orgânica no solo, tornando-os disponíveis para a planta (CAMILO et al., 2020).

### 3.3 Características gerais do feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

O feijão caupi é uma leguminosa de origem africana, tradicionalmente cultivada nas regiões Nordeste e Norte do Brasil por produtores de baixa renda. Todavia, devido à sua importância social e ser fonte de proteína é bastante cultivado nos países sub desenvolvidos (ROCHA et al., 2017) (Figura 2). Pode ser cultivado em várias regiões do mundo, desde África, Ásia, América Latina e na América do Norte. Nigéria e Níger são os principais produtores mundiais, o Brasil encontra-se na quinta posição (FREIRE FILHO et al., 2011).



**Figura 2.** Cobertura de feijão caupi.

**Fonte:** [https://www.agrolink.com.br/problemas/feijao-caupi\\_2778.html](https://www.agrolink.com.br/problemas/feijao-caupi_2778.html)

O feijão caupi é uma leguminosa da ordem Fabales, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.)

Walp., subdividida em quatro cultigrupos Unguiculata, Sesquipedalis, Biflora e Textilis (VIJAYKUMAR et al, 2010).

O ciclo produtivo da cultura apresenta diferentes variações, sendo classificada em extra precoce (maturidade aos 60 dias após a semeadura); ciclo precoce (maturidade entre 61 e 70 dias após semeadura); ciclo médio precoce (maturidade entre 71 e 80 dias após a semeadura); ciclo médio tardio (maturidade entre 81 e 90 dias após a semeadura) e ciclo tardio (maturidade a partir de 91 dias após a semeadura segundo (FREIRE FILHO et al, 2011).

Nos últimos anos tem se verificado avanços no contexto nacional e, principalmente, no internacional, com o aumento da produção e a ampliação de mercado. No Brasil, entretanto, há uma carência no que se refere à disponibilização do conhecimento acumulado sobre a cultura e à transferência de tecnologia (FREIRE FILHO et al., 2011).

Destaca-se devido a sua importância social, garantindo segurança alimentar dos povos que vivem em países africanos e na geração de renda, além de ser caracterizado como componente alimentar protéico básico das sociedades.

A produção de feijão caupi nas regiões Nordeste e Norte é feita por empresários e agricultores familiares que ainda utilizam práticas tradicionais. Na região Centro-Oeste, onde o feijão caupi passou a ser cultivado em larga escala a partir de 2006, a produção provém principalmente de médios e grandes empresários que praticam uma lavoura com alta tecnologia (FREIRE FILHO et al., 2011).

### **3.4 Características gerais da *Mucuna* (*Mucuna pruriens*)**

*Mucuna* (*Mucuna pruriens*) é uma herbácea anual, pertence à família Fabaceae, subfamília papilionoideae; tribo Phaseoleae, é originária da África, de hábito de crescimento determinado (FREITAS et al., 2003), com folhas trifolioladas, de folíolos grandes, membranosos, inflorescência em racemos, compostos por inúmeras flores de coloração violácea (CALEGARI, 2002) (Figura 3). No Brasil, pode ocorrer nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste

(semeada na primavera/verão), e nas regiões Norte e Nordeste (semeada o ano todo) (CALEGARI e DONIZETE CARLOS, 2014).



**Figura 3.** Cobertura de Mucuna.

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.

Em simbiose com bactérias tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, sendo estimados de 50 kg ha<sup>-1</sup> a 100 kg ha<sup>-1</sup> (CALEGARI e DONIZETE CARLOS, 2014). É uma planta resistente à seca, beneficiando-se do efeito residual de adubos e ótima na produção de biomassa seca e fresca.

Produz cerca de 10 a 20 toneladas de matéria verde, de 2 a 4 toneladas de matéria seca por hectare e por ciclo, até o momento de corte, e fixa entre 60 e 120 kg/ha de N (FREITAS et al., 2003).

Essa planta de cobertura se desenvolve bem em solos de baixa fertilidade, com alta taxa de produção de biomassa. Essa biomassa é rapidamente decomposta devido à baixa relação C/N e o nitrogênio é disponibilizado para a cultura consorciada ou subsequente garantindo desta forma a maior produtividade (SOFIA et al., 2006). Além disso, a mucuna é bastante eficiente no controle de nematóides, sendo bastante utilizada em sistemas de rotação de culturas, antecedendo o plantio de olerícolas (RODRÍGUEZ KÁBANA et al., 1992).

### 3.5 Características gerais do Feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.)

O feijão de porco é uma Leguminosa herbácea de ciclo anual, originária da América Central, ocorre em várias regiões do Brasil como Centro-Oeste, Sul e Sudeste (semeado na primavera/verão), e nas regiões Norte e Nordeste (semeado o ano todo) (Figura 4). Apresenta crescimento inicial lento, com hábito de crescimento determinado, dependendo da variedade, a altura varia de 0,6 a 1,2 m (CALEGARI e DONIZETE CARLOS, 2014).



**Figura 4.** Cobertura de Feijão de porco

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.

É uma planta herbácea, rústica, tolerante a seca, sombreamento parcial e baixa fertilidade do solo, adapta-se em diferentes tipos de solo. Pode ser usado como planta de cobertura devido a sua maior biomassa promovendo boa cobertura do solo, também pode ser usada como adubo verde, tem efeito alelopático contra várias plantas infestantes, além de ser uma planta com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (CALEGARI e DONIZETE CARLOS, 2014).

### 3.6 Características gerais da Brachiária (*Brachiaria ruziziensis*)

*Brachiaria ruziziensis* é uma espécie perene originária da África, com rápido estabelecimento e boa germinação das sementes, cujo desenvolvimento de parte aérea permite a cobertura total do solo, protegendo do efeito erosivo provocado pela incidência direta das gotas de chuva (CECCON et al., 2013) (Figura 5).



**Figura 5.** Cobertura de Brachiária

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.

Esta gramínea apresenta boa capacidade de captação de luz e cobertura do solo devido ao seu hábito de crescimento, sendo ótima para consorciar com várias culturas de porte alto. Pode ser usada como cobertura no milho por ser tolerante a sombreamento e por promover o controle eficaz de plantas daninhas (CECCON et al., 2013).

### **3.7 Coberturas vegetais no cultivo do milho**

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

As espécies utilizadas como coberturas vegetais são geralmente agressivas e robustas por causa de seu sistema radicular profundo e ramificado, que são eficientes para extrair nutrientes de camadas mais profundas do solo. Após a decomposição, essas espécies liberam nutrientes para a camada superficial do solo, tornando-se posteriormente disponíveis à cultura em consórcio ou sucessora (MHLANGA et al., 2016).

A cultura do milho é recomendada a consorciação com leguminosas, além de manter a cobertura do solo, incorporam o nitrogênio atmosférico, pois

com a decomposição dos resíduos vegetais destas coberturas são liberados nutrientes que contribuem para aumento da produtividade do milho (LARA CABEZAS et al. 2004).

A vantagem da utilização de plantas de cobertura 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., 2006). Contudo, essas plantas apresentam baixa relação C/N e podem apresentar elevada taxa de decomposição de seus resíduos (TEIXEIRA et al., 2009).

A técnica de manejo de plantas de coberturas na cultura do milho é uma prática adotada há vários anos, que contribui na redução da comunidade infestante de plantas daninhas, bem como na melhoria, produtividade e conservação do solo (SILVA et al., 1999).

### **3.8 Análise de crescimento**

O crescimento e desenvolvimento das plantas é o resultado sistemático do processo fotossintético através da conversão de energia luminosa em energia química para produção de carboidratos resultante em biomassa (GOMIDE e GOMIDE, 1999).

Análise de crescimento são métodos que permitem entender as dinâmicas agronômicas, morfológicas e fisiológicas das plantas sob condições ambientais naturais ou manipuladas através de medições (HUNT, 2003). A análise de crescimento também permite distinguir e entender as várias etapas de crescimento das plantas bem como diferenças estruturais e funcionais das cultivares de uma determinada espécie (BENINCASA, 2003).

As análises de crescimento das plantas podem ser realizadas de forma destrutivas, feitas no laboratório, para obtenção da biomassa, e não destrutivas feitas no campo onde as plantas estão estabelecidas, para obtenção de altura, diâmetro e área foliar a cada período de análise (HUNT, 1990).

A quantificação da área foliar do milho permite aferir sobre a taxa fotossintética, dependendo do tamanho das folhas e do estágio de

desenvolvimento das plantas. A eficiência fotossintética depende substancialmente da área foliar, o desempenho agrônômico e o rendimento da cultura serão maiores quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (MANFRON et al., 2003). Da mesma forma a redução da área foliar e desfolharem das folhas de milho diminuem o acúmulo de matéria seca nos grãos (SANGOI, 2002).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização

Foram conduzidos dois experimentos em duas áreas diferentes denominadas ciclo 1 e ciclo 2. Os experimentos foram conduzidos na fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas localizada no Km 38 às margens da rodovia BR-174, Manaus, com coordenadas geográficas 2°38'57,6" S e 60°3'11" W e altitude de 96 m em relação ao nível do mar (Figura 6). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo é AF (quente e úmido) com temperatura média anual de 27 °C, pluviosidade média anual de 1.750 a 2.500 mm com umidade relativa do ar em torno de 75-86% (MARQUES FILHO et al., 1981).



**Figura 6.** Localização da área experimental, Manaus - AM, 2020.

Fonte: Fonte: <https://goo.gl/maps/w4Pguxo7QWr9w7Wu7>

## 4.2 Características do solo antes da condução do experimento

Amostras de solos do local do experimento foram coletadas para análises física e químicas, realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal do Amazonas. As características físico-químicas desse solo, antes da condução do experimento, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, da área do experimento com milho, Manaus - AM, 2020.

Propriedades químicas													
Profundidade (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	MO dag kg <sup>-1</sup>	Ca	Al	Mg	t cmolc dm <sup>-3</sup>	T	SB	H <sup>+</sup> AL <sup>-1</sup>	V	m
0,00-20,00	4,60	4,0	34	2,48	1,4	0,2	0,7	2,43	5,31	2,23	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 - Cap. de troca de cátions efetiva; T - Cap. de troca de cátions a pH 7; SB - Soma de bases; H<sup>+</sup> AL<sup>-1</sup> - Acidez potencial; V - Saturação por bases; m - Saturação por alumínio.

## 4.3 Preparo do solo, calagem e adubação

O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens com grade pesada e posteriormente com grade niveladora, em uma área de 234 m<sup>2</sup> (13m x 18 m). Em função dos resultados da análise química e física das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm da área do experimento (Tabela 1), foi realizada a calagem com 6,5 t. ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico tipo filler com PRNT de 91% para elevar a saturação de bases a 60%.

A cultura do milho é bastante exigente em nutrientes, para suprir as necessidades nutricionais foi realizada a adubação durante a semeadura mediante resultados da análise química e física das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm da área do experimento (Tabela 1) como segue: 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., 2018).

#### **4.4 Delineamento experimental e tratamentos**

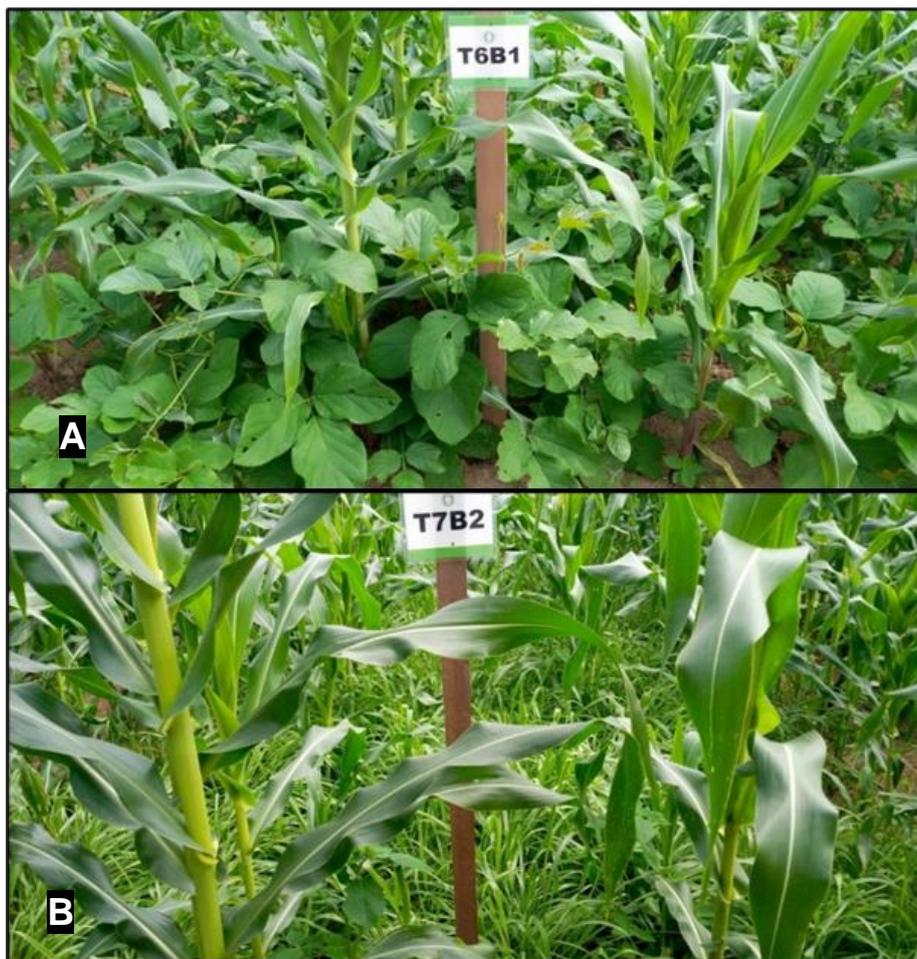
O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 5x5, sendo quatro espécies de cobertura vegetal (*Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Canavalia ensiformis* (L.), *Mucuna pruriens* e mais um tratamento controle composto pelas espécies ocorrentes da área, e cinco períodos de coletas (14, 28, 42, 52 e 70 Dias após emergência) totalizando 25 tratamentos, com 5 repetições.

Cada unidade experimental possuía 3,2 m de largura e 1,50 m de comprimento, sendo a área total de 4,80 m<sup>2</sup> e continha 32 plantas de milho, sendo consideradas úteis, as 12 plantas localizadas nas duas fileiras centrais, delimitadas pelas bordaduras. Nas entrelinhas do milho foram implantadas duas linhas de plantas de cobertura, conforme o tratamento por espécie (Figuras 7 e 8).



**Figura 7.** Planta de milho com cobertura de mucuna preta (A) e feijão caupi (B), Manaus - AM, 2020.

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.



**Figura 8.** Planta de milho com cobertura de feijão de porco (A) e braquiária (B), Manaus - AM, 2020.

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.

#### **4.5 Condução do experimento**

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 de Melhoramento 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.

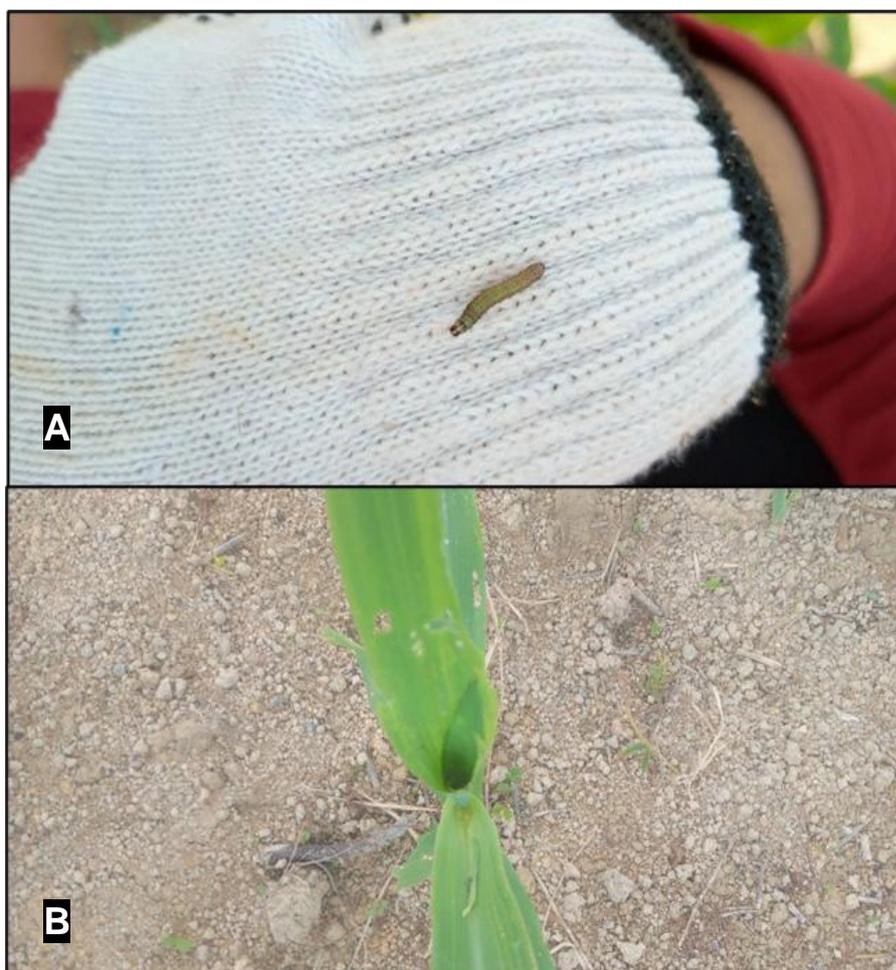
Para controlar danos causados por formigas cortadeiras às plantas, foi aplicado inseticida granulado, distribuído em 9 armadilhas dispostas nas extremidades da área experimental. O desbaste seletivo das plantas de milho foi realizado aos 10 DAE, permanecendo uma planta a cada 0,20 m, no sulco

de plantio. A irrigação foi realizada de forma manual conforme as necessidades hídricas da cultura.

As espécies de cobertura foram semeadas 15 dias após plantio (DAP) do milho, representando um tratamento por espécie, semeadas nas seguintes densidades: *Brachiaria ruziziensis* - 9 kg ha<sup>-1</sup>, *Canavalia ensiformis* - 135 kg ha<sup>-1</sup>, *Mucuna pruriens* - 80 kg ha<sup>-1</sup> e *Vigna unguiculata* - 32 kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.6 Controle de pragas

No decorrer do experimento foram observados danos causados por lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Figura 9), para o controle da mesma utilizou-se extrato das folhas de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.).



**Figura 9.** Lagarta do cartucho (A) e planta de milho com ataque da lagarta (B), Manaus – AM, 2020.

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.

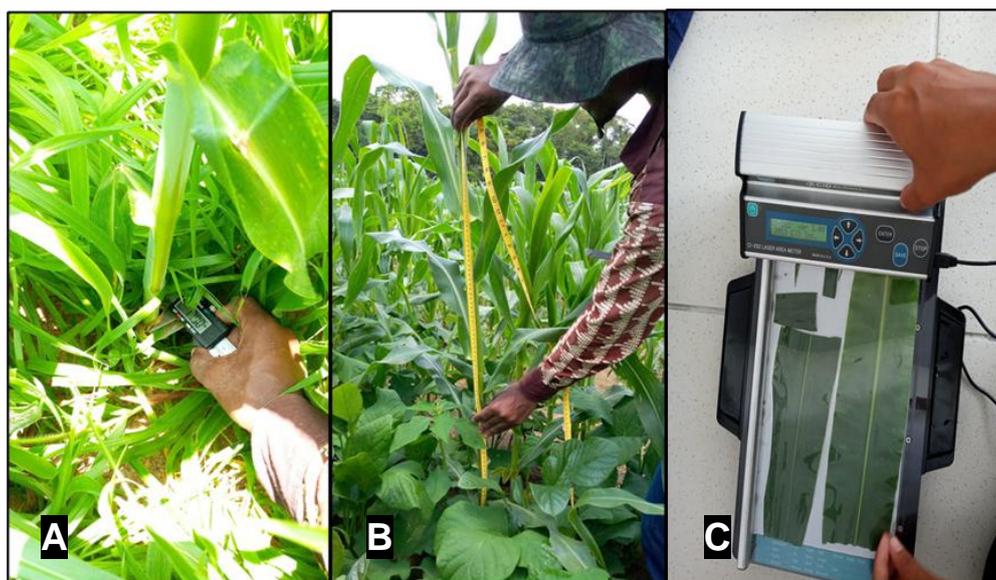
#### **4.7 Características morfofisiológicas**

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 10A) foi definido a partir de 3 cm acima da superfície do solo com auxílio de paquímetro digital. 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 auxílio de régua graduada (nos primeiros estádios) e fita métrica (trena) nos estádios posteriores (Figura 10B) e Área foliar (AF) foi obtida com auxílio do medidor de área foliar Leaf Area Meter laser modelo CI-202 (Figura 10C), folhas foram 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 10.** Medição de diâmetro (A), medição de altura (B) e Área foliar (C), Manaus - AM, 2020.

**Fonte:** Jeronimo Alexandre Rafael, 2020.

#### 4.8 Avaliações de crescimento

**Área Foliar Específica (AFE):** Determinada pela relação da área foliar e o seu próprio peso, como demonstrada na fórmula:

$$AFE = Af / Pf \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Em que: Af= área foliar e Pf= peso foliar.

**Índice de área foliar (IAF):** Determinado pela razão entre área foliar da planta e a área de solo ocupado. Conforme a fórmula:

$$IAF = (Af/At) \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Em que: Af= área foliar e At= área de solo ocupado.

**Taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL):** Determinada pela fórmula:

$$CRL / AF_{\text{média}} \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Onde: CRL= crescimento relativo líquido e  $AF_{\text{média}}$ = área foliar média presente durante o intervalo de tempo.

**Taxa de crescimento da cultura (TCC):** Determinada com base na relação entre a produção de biomassa e a eficiência de incorporação de matéria seca calculada pela fórmula:

$$TCC = TAL \times IAF \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$$

#### **4.9 Análise estatística**

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade *qui-quadrado* do programa Genes. Os dados de altura da planta e IAF foram transformados pela equação  $(x^2+0.5)$  e diâmetro colmo da planta de milho, por  $(1/x^2+0.5)$ . Após a análise de variância, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do programa Estatístico R Studio versão 4.0.2 (2020-06-22).

As variáveis significativas para os períodos foram submetidas à análise de regressão. Os critérios de seleção da equação foram a significância do teste F, o valor do coeficiente de determinação e a equação de melhor ajuste aos dados originais combinados à explicação biológica da característica.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1 Efeitos das coberturas nas características biométricas da planta do milho**

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 interferiram na biometria das plantas no primeiro ciclo de cultivo do milho. Já no segundo ciclo, não houve interação significativa em nenhuma das variáveis, porém o fator período isoladamente, apresentou significância para todas as variáveis biométricas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância do ciclo 1 e 2 para número de folhas (NF), altura da planta (AL), diâmetro do colmo (DC), Área foliar total (AFT) e matéria seca total (MST) de plantas de milho, submetidas a quatro espécies de cobertura do solo, Manaus, 2020.

Quadrados Médios - Ciclo 1						
FV	GL	NF	AL	DC	AF	MST
Cobertura	3	2,92 <sup>NS</sup>	0,201*	40,56*	3,109*	7,340*
Período	4	363,34*	92,328*	908,54*	102,933*	258,014*
Cobertura x período	16	2,23 <sup>NS</sup>	0,034*	11,08*	0,817*	2,251*
Resíduo	96	1,35	0,010	3,97	0,283	0,83
CV (%)		13,25	14,08	14,91	14,17	20,02
Quadrados Médios - Ciclo 2						
FV	GL	NF	AL	DC	AF	MST
Cobertura	3	5,30 <sup>NS</sup>	0,049 <sup>NS</sup>	27,39 <sup>NS</sup>	1,207 <sup>NS</sup>	4,320 <sup>NS</sup>
Período	4	294,76*	65,684*	493,92*	61,930*	141,216*
Cobertura x período	16	1,00 <sup>NS</sup>	0,015 <sup>NS</sup>	6,35 <sup>NS</sup>	0,263 <sup>NS</sup>	1,172 <sup>NS</sup>
Resíduo	96	2	0,032	11,18	0,77	1,828
CV (%)		18,71	32,57	29,1	27,93	36,03

\* = Significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> = 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 dias, 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 três 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, sem planta de cobertura (Tabela 3).

**Tabela 3.** Médias de altura da planta de milho (m), com plantas de cobertura nas entrelinhas, em quatro períodos de avaliação, no primeiro ciclo de cultivo. Manaus - AM, 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>	0,77a	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 F a 5% de probabilidade.

Um estudo semelhante, feito por Santos et al. (2010) 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 obtida nas coberturas de espécie leguminosas quando comparada com as gramíneas. Os autores atribuem esse resultado à fixação biológica de nitrogênio inerentes às leguminosas, uma vez que a planta de milho é bastante exigente deste macronutriente para o seu crescimento e desenvolvimento.

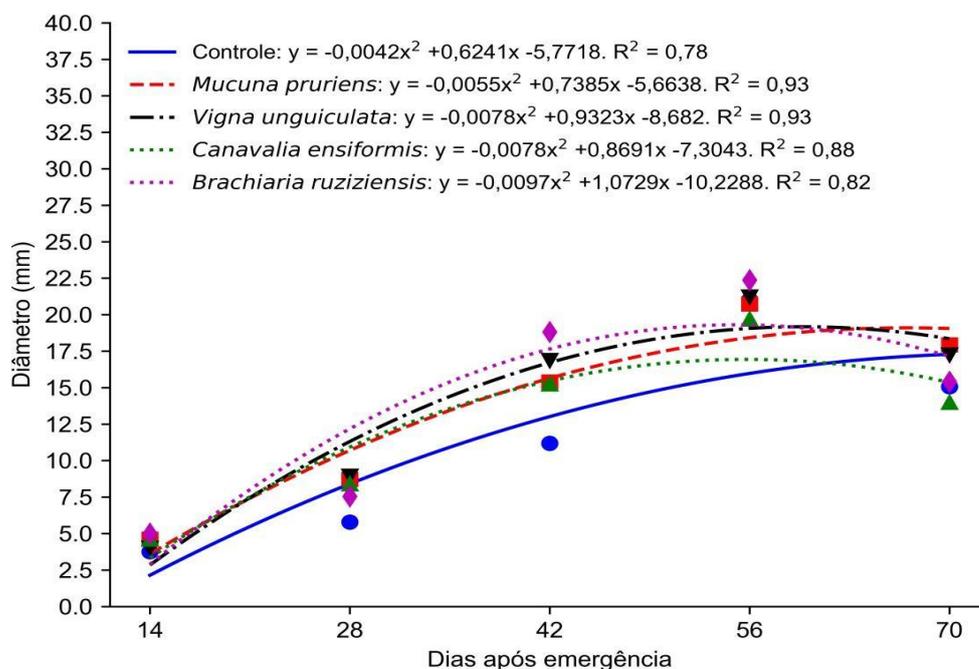
Outro estudo feito por Pela et al. (2010), com o objetivo de avaliar duas variedades de crotalária consorciadas na pré-safra do milho, constatou que as coberturas de crotalária proporcionam as maiores médias de altura da planta em comparação com cobertura de braquiária.

De acordo com Silva et al. (2006), a altura da planta é um parâmetro biométrico fundamental que permite determinar o grau de desenvolvimento da cultura, geralmente plantas com maior altura são mais produtivas por terem sofrido menos estresse e por ter armazenado maior massa seca, condicionando a produção final.

De acordo com Kappes e Zancanaro (2016), ao avaliar sistemas de consórcios de *B. ruziziensis* e de *Crotalaria juncea* com a cultura de milho, a leguminosa *C. juncea* proporciona menor valor da altura da planta de milho quando comparado com *B. ruziziensis*. Contudo, este resultado não corrobora

com o encontrado por Telhado (2007), quem avaliou o desempenho e produtividade de milho com adubos verdes em sistema de produção e concluiu que as coberturas de leguminosas beneficiam significativamente o aporte de nitrogênio às plantas do milho, proporcionando maior desempenho da altura e crescimento da cultura.

Em relação ao diâmetro do colmo, todas as coberturas foram superiores ao controle (Figura 11). 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 a partir dos 42 DAS, exceto quando comparado com a *M. pruriens* aos 56 DAE.



**Figura 11.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais do ciclo 1 no diâmetro do colmo da planta do milho em função de dias após a semeadura, Manaus - AM, 2020.

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 (Ouzá, 2003).

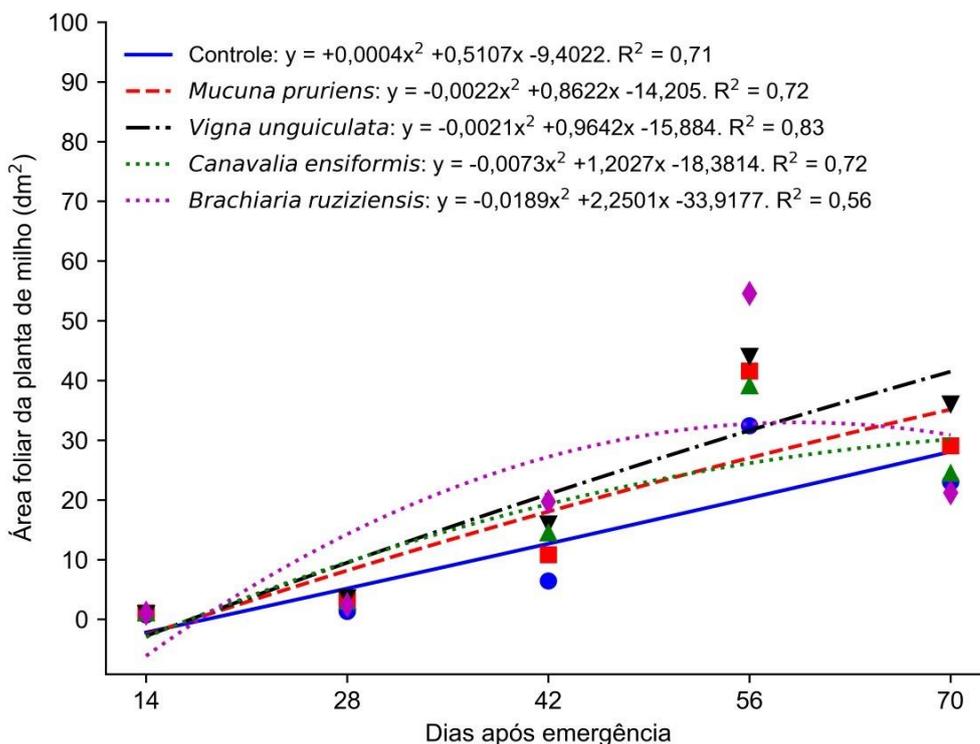
Em outra pesquisa feita por Pela et al. (2010) com objetivo de avaliar plantas de cobertura em pré-safra e doses de adubo NPK sobre a produtividade do milho, os autores afirmaram que as leguminosas proporcionaram os maiores diâmetros do colmo do milho em relação à cobertura com braquiária.

O diâmetro do colmo é uma característica morfológica bastante importante para obtenção da alta produção, pois, plantas vigorosas e com maior diâmetro possuem maior capacidade de armazenar os fotoassimilados (KAPPES et al., 2011).

Em outra pesquisa feita por Pela et al. (2010), com objetivo avaliar plantas de cobertura em pré-safra e doses de adubo NPK sobre a produtividade do milho encontraram resultados semelhantes, os autores descreveram que consórcio de milho com espécies leguminosas proporcionaram melhores valores médios do diâmetro do colmo do milho quando comparada com cobertura de 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 (KAPPES et al., 2011).

Em relação a área foliar (AF), as coberturas de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* proporcionaram melhor desempenho. No entanto, as coberturas de *B. ruziziensis* causaram queda dos valores no final do estágio enquanto que *V. unguiculata* manteve incremento linear da área foliar até ao final do período de análise (Figura 12).



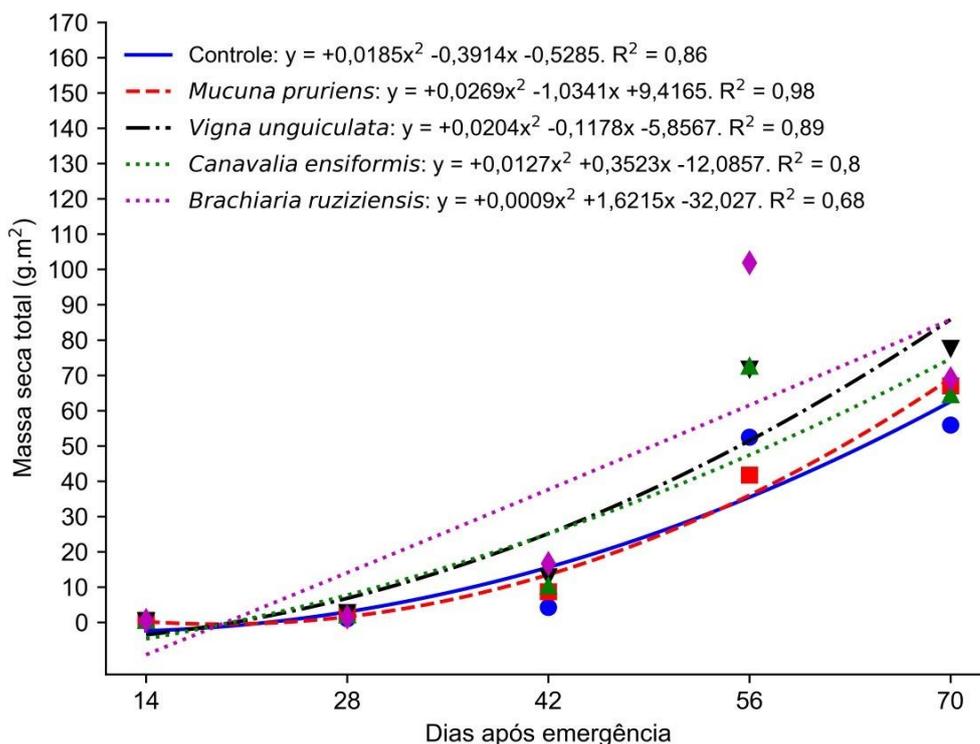
**Figura 12.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais do ciclo 1 na área foliar (dm<sup>2</sup>) da planta de milho (*Zea mays* L.), Manaus - AM, 2020.

Para todos os tratamentos, as plantas do milho apresentaram aumento da área foliar com o avanço dos dias de avaliação até atingirem valores máximos no final do estágio vegetativo. Este fato ocorreu em decorrência das plantas atingirem maior porte e expansão foliar.

Plantas de milho pertencem ao grupo fotossintético C4, apresentam maior eficiência na captação da luz, conseqüentemente com crescimento inicial rápido. De acordo com Cruz et al. (2010), 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 tratamentos. Possivelmente, por favorecer maior taxa de cobertura e rápido estabelecimento, talvez seja a razão de promover maior peso da massa seca. O tratamento que acarretou no resultado menos recomendado foi obtido com o uso de *M. pruriens*, com menor produção de massa seca, além também do próprio controle (Figura 13).



**Figura 13.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na matéria seca total (g. m<sup>-2</sup>) da planta de milho (*Zea mays* L.), Manaus – AM, 2020.

As plantas de milho em todos tratamentos tiveram acúmulo da matéria seca inicial lenta seguida de incremento acentuado até ao final do estágio de crescimento. O aumento se deve, sobretudo, ao acúmulo de compostos orgânicos formados com a incorporação do CO<sub>2</sub>, além da absorção de nutrientes pelas raízes (CAIRO et al., 2008). O baixo valor da matéria seca da planta de milho consorciado com *C. ensiformis* (L.) 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.

Cairo et al. (2008) mencionam que plantas com maior produção de matéria seca proporcionam um maior acúmulo de compostos orgânicos formados com a incorporação de gás carbono, além de maior absorção de nutrientes e sais minerais pelas raízes. De modo geral, plantas com maior produção de matéria seca exibem um melhor desempenho fotossintético e são mais produtivas.

Estes resultados não corroboram com o estudo feito por Gerlach et al., (2019), onde constataram que as coberturas vegetais não causam influência sobre o acúmulo da matéria seca na planta de milho.

## 5.2 Efeitos das coberturas na análise de crescimento da planta do milho

Em relação a análise de crescimentos da planta do milho, todas as variáveis estudadas apresentaram interação significativa entre os fatores avaliados (cobertura e períodos), indicando que as coberturas vegetais associadas aos períodos, interferiram na análise de crescimento das plantas no primeiro ciclo de cultivo do milho. Já no segundo ciclo, não houve interação significativa em nenhuma das variáveis, porém o fator período isoladamente, apresentou significância para todas as variáveis biométricas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância do ciclo 1 e 2 para área foliar específica (AFE), índice da área foliar (IAF), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento (TCC), submetidas a quatro espécies de cobertura do solo, Manaus, AM, 2020.

Quadrados Médios - Ciclo 1					
FV	GL	AFE	IAF	TAL	TCC
Cobertura	3	0,112 <sup>NS</sup>	0,121*	0,014*	6,331*
Período	4	1,045*	3,865*	0,087*	0,142*
Cobertura x período	16	0,194*	0,040*	0,004*	0,019*
Resíduo	96	0,052	0,012	0,001	0,008
CV (%)		12,89	9,2	5,77	11,66
Quadrados Médios - Ciclo 2					
FV	GL	AFE	IAF	TAL	TCC
Cobertura	3	0,016 <sup>NS</sup>	0,045 <sup>NS</sup>	0,002 <sup>NS</sup>	0,003 <sup>NS</sup>
Período	4	0,534*	2,049*	0,009*	0,010*
Cobertura x período	16	0,012 <sup>NS</sup>	0,012 <sup>NS</sup>	0,002 <sup>NS</sup>	0,002 <sup>NS</sup>
Resíduo	96	0,013	0,032	0,001	0,002
CV (%)		6,83	16,51	5,11	6,44

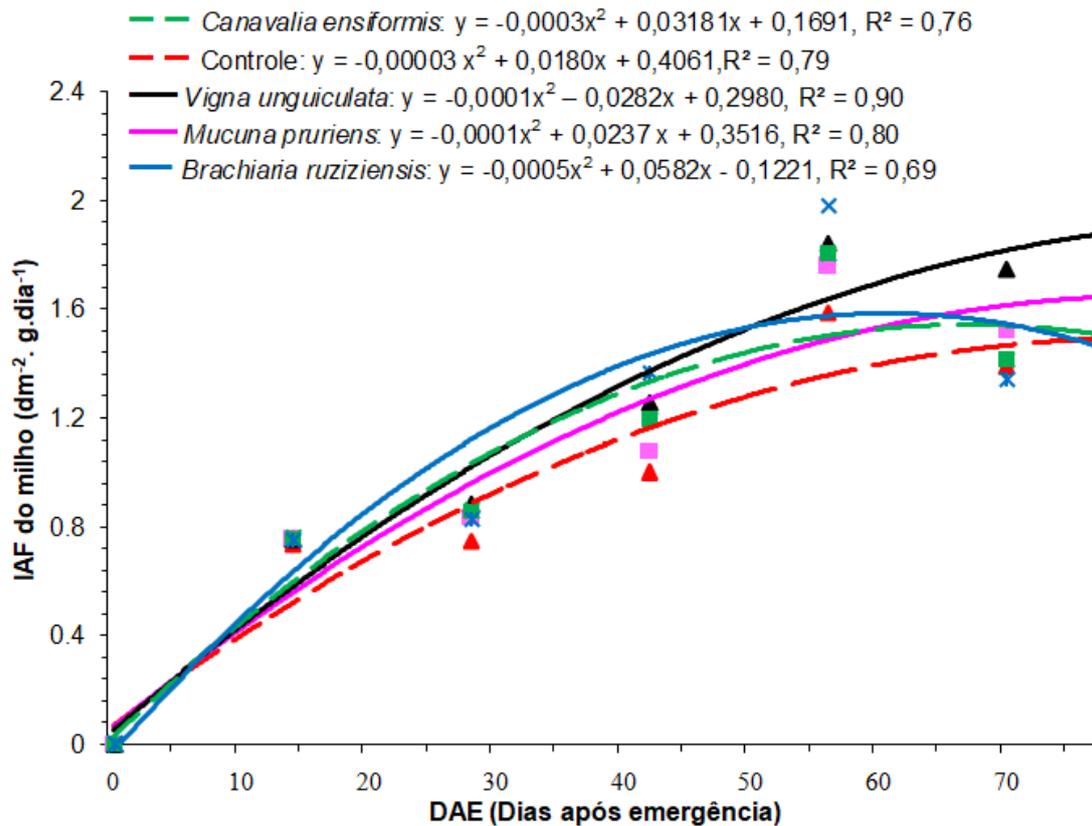
\* = Significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F.

Os valores da análise de crescimento apresentam coerência com os valores biométricos nos ciclos de cultivo do milho. Dessa forma, estudos sobre análise de crescimento permitem compreender as dinâmicas morfofisiológicas da plantas, daí definir as melhores estratégias de manejo empregadas sob diversas condições de meio (OLIVEIRA et al., 2000).

A área foliar de uma planta expressa a quantidade da biomassa, responsável para produção de fotoassimilados, carboidratos e proteínas. A área foliar reflete a capacidade fotossintética e interceptação da luz solar e efetuar trocas gasosas com o ambiente, constituindo-se assim em importante indicativo da produtividade das culturas. O índice de área foliar pode ser determinado pela razão entre área foliar da planta e a área de solo ocupado, por expressar a proporção de cobertura do solo, implica em importante fator a ser considerado para a definição das práticas de manejo, são indicadores importantes do desenvolvimento da cultura pois disponibiliza informação durante o estágio vegetativo que pode apoiar os processos de tomada de decisão do agricultor. (BENINCASA, 2003; KROSS et al., 2015 e TAIZ E ZEIGER, 2009).

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 apresentaram aumento exponencial durante toda a fase vegetativa do período avaliado (70 DAE), tendo também atingido seu ponto máximo no final do período avaliado para todos os tratamentos (Figura 14).



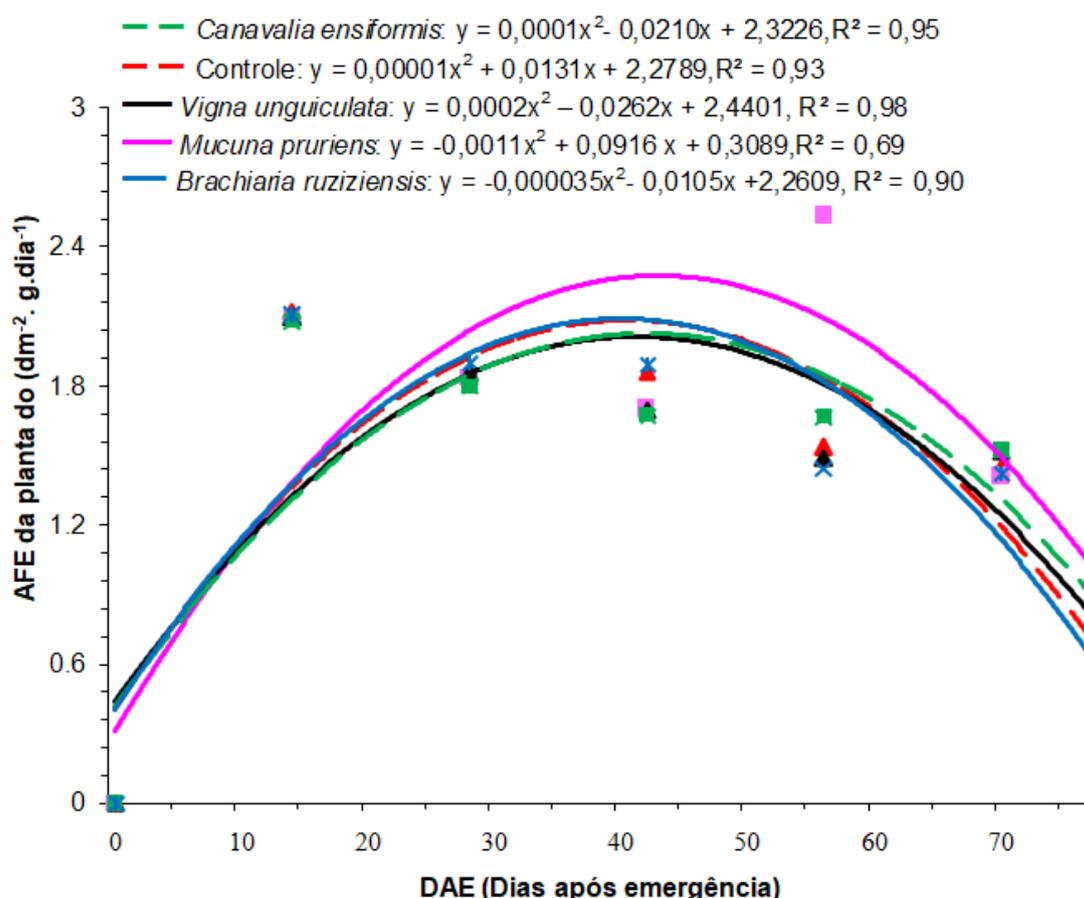
**Figura 14.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais no índice da área foliar ( $\text{dm}^2 \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) da planta de milho (*Zea mays* L.), Manaus – AM, 2020.

As coberturas de *V. unguiculata* e *B. ruziziensis* promoveram índices de área foliar superiores às demais, isto expressa que essas coberturas são recomendadas no consórcio com a cultura de milho devido a capacidade de produzir maiores quantidades de fotoassimilados e biomassa, o que possibilitará ter potencial máximo produtivo até ao final do ciclo da cultura, o tratamento sem cobertura foi a que teve menor desempenho para essa variável em todo o estágio vegetativo, evidenciando assim que as coberturas vegetais interferiram nos índices da área foliar. Este fato pode estar relacionado aos maiores valores de área foliar da planta de milho influenciados por estas coberturas.

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. As diferenças observadas entre os valores de IAF podem ser influenciadas pelas variações nas condições ambientais e de crescimento (DIAWARA, 2012).

A AFE é expressa pela razão entre a área foliar e a massa seca das folhas, daí a área foliar é o componente morfológico e a fitomassa é o componente anatômico, pois está relacionado com a composição interna formada pelo número e tamanho de células do mesófilo foliar. O inverso da AFE reflete a espessura das folhas (BENINCASA, 2003).

De uma forma geral, a área foliar específica (AFE) das plantas do milho apresentou incremento exponencial durante o estágio vegetativo até atingir valores máximos, sendo posteriormente seguido de decréscimo acentuado até o último período avaliado (Figura 15). Estes decréscimos na AFE indicam aumento na espessura da folha resultante do aumento e do tamanho do número de células nas plantas (FERREIRA, 1996).



**Figura 15.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na área foliar específica ( $\text{dm}^2.\text{g.dia}^{-1}$ ) da planta de milho (*Zea mays* L.), Manaus – AM, 2020.

As coberturas de *M. pruriens* incrementou maior eficiência de área foliar específica em relação às demais coberturas. Essas coberturas promoveram maior espessura foliar o que resultou no maior acúmulo de assimilado (GUIMARÃES, 2012). O incremento na AFE é o fator que mais contribui para a maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar. (EVANS e POORTER, 2001).

Este comportamento também foi encontrado por Araújo Jr et al. (2012), que constataram a tendência de aumento desta variável até atingir valores máximos e, posteriormente, a queda dos valores no final do estágio vegetativo em estudo de crescimento do milho com controle de plantas daninhas via consorciação com *Gliricídia*.

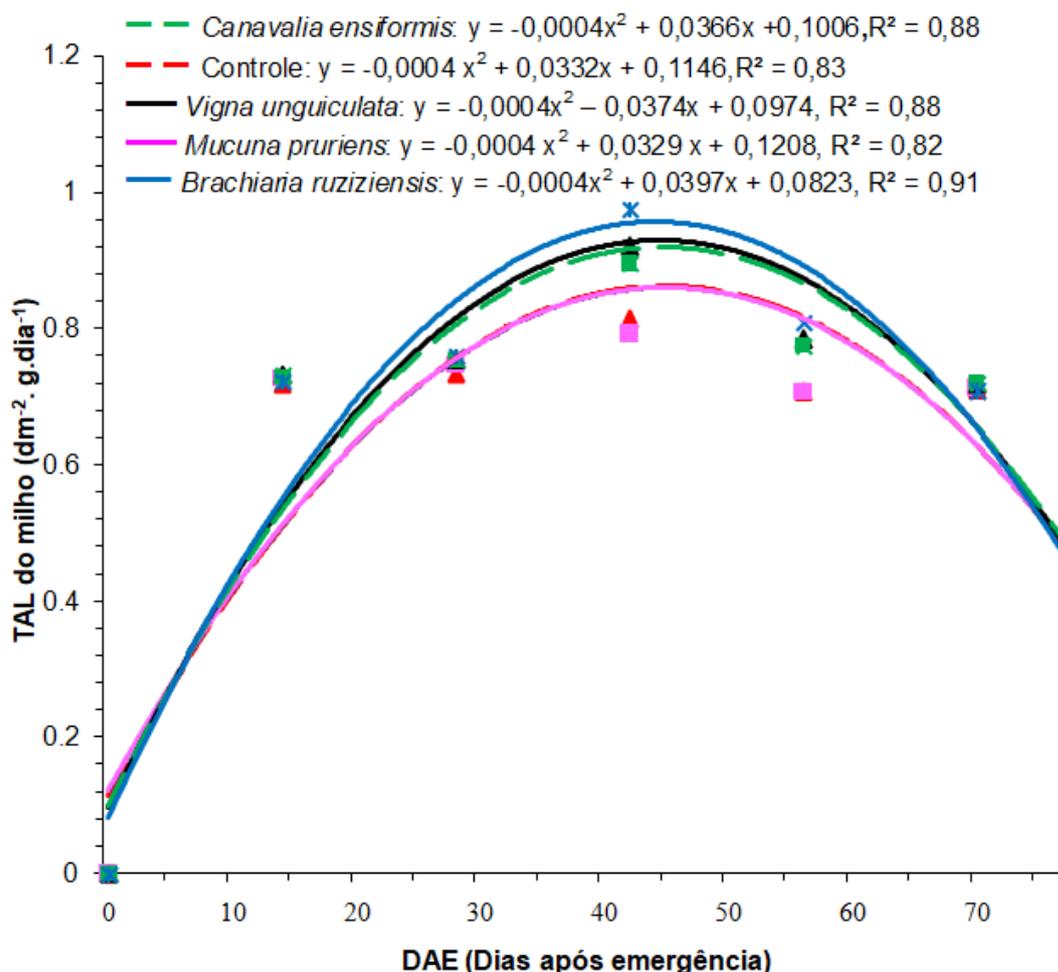
A TAL expressa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido através da respiração, podendo ser influenciado pelos fatores ambientais, principalmente da radiação solar (SILVA et al., 2000). A taxa assimilatória líquida (TAL) é o acúmulo de matéria seca por unidade de área foliar durante o estágio vegetativo (PEIXOTO et al., 2011).

As coberturas proporcionam aumento gradual da taxa assimilatória líquida (TAL) da planta do milho durante toda a fase vegetativa, seguido de decréscimo até o final do período avaliado. Normalmente, quando a planta acelera seu crescimento, aumentando, inclusive a área foliar, o sombreamento mútuo leva a uma diminuição dos níveis fotossintéticos, diminuindo a TAL.

No início do ciclo do milho as coberturas foram iguais entre si. Este fato pode estar relacionado ao lento crescimento inicial que as coberturas apresentaram, quando comparado ao milho cuja semeadura foi realizada antes das coberturas.

As coberturas de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* proporcionaram maior taxa assimilatória líquida até o final do estágio vegetativo do milho (70 DAE), quando comparadas ao controle e *M. pruriens* que foram menos eficientes (Figura 16). As coberturas de *M. pruriens* promoveram menos talvez por causa do seu hábito de crescimento trepador. A taxa assimilatória líquida (TAL) reflete a eficiência fotossintética líquida das plantas e está diretamente ligado a

produção da matéria seca produzida por unidade de área foliar por unidade de tempo, todavia, quanto maior a taxa assimilatória líquida maior é o crescimento da planta, daí as coberturas de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* até ao final do ciclo promoveram maior produção dos grãos (FALQUETO et al., 2009).



**Figura 16.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na taxa assimilatória líquida ( $dm^2.g.dia^{-1}$ ) da planta de milho (*Zea mays* L.), Manaus – AM, 2020.

Segundo Oliveira et al. (2011) a queda nos valores de TAL pode estar ligada na redução acentuada do incremento fotossintético líquido e aumento na respiração celular, em virtude da redução da atividade fotossintética que possibilita no maior gasto de energia para a manutenção do metabolismo celular da planta.

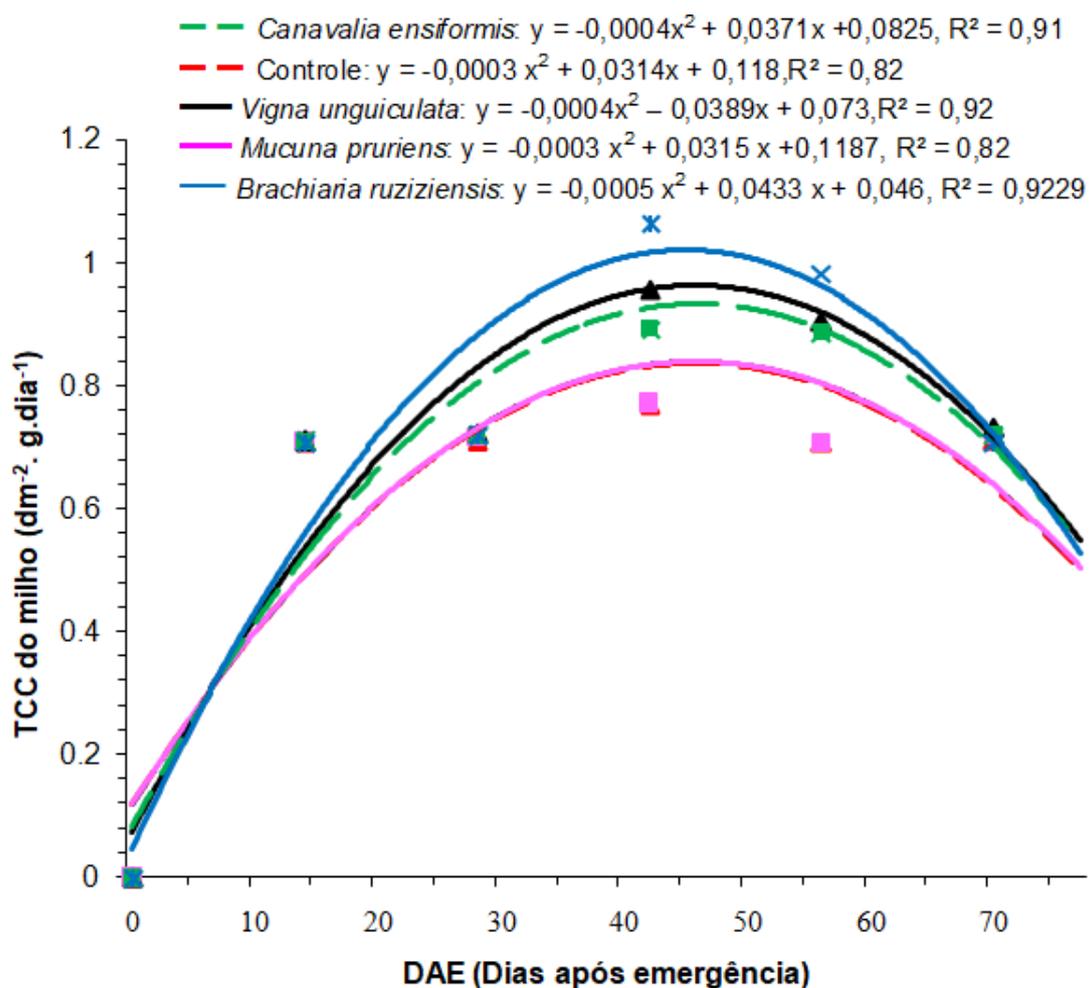
No estudo feito por GARCIA, et al. (2008) encontraram efeitos e resultados similares para a planta de milho cultivado em consórcio com

coberturas vegetais, esses autores relataram que a queda da TAL se deve ao surgimento de tecidos e estruturas não assimilados. Desta forma, a TAL representa a diferença entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e a consumida pela respiração, uma vez que, há ausência significativa da fotorrespiração em plantas do grupo fotossintético C4, tais como o milho (BERTON, 2014).

A taxa de crescimento da cultura (TCC) refere-se ao acúmulo da massa seca com o tempo, é aproximadamente igual à fotossíntese da cobertura vegetal por unidade de área de solo e representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária (SILVA et al., 2000).

Não houve diferença das plantas de cobertura na taxa de crescimento da cultura (TCC) na fase inicial do milho. 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. As coberturas vegetais interferiram na TCC proporcionando o crescimento das plantas de milho. Isto, deve-se à capacidade que essas coberturas possuem de produzir biomassa para cobrir o solo, o que possibilita melhorar seus atributos físicos e químicos, favorecendo a cultura (CARDOSO et al., 2013).

Contudo, a taxa de crescimento da cultura apresentou comportamento crescente em todas coberturas ou tratamentos, tendo seus pontos máximo ao longo do estágio vegetativo para todas as coberturas, o que indica ser a etapa de maior taxa fotossintética. Após esse período os valores decresceram até o último período avaliado. O Decréscimo dos valores da taxa de crescimento pode estar ligado ao cessamento de crescimento da planta de milho, uma vez que a TCC é um dado usado para aferir o nível de crescimento e acúmulo de biomassa da planta durante período de análise (GARCIA et al., 2008), a tendência dos dados estão coerentes com os dados de matéria seca, área foliar específica e taxa assimilatória líquida (Figura 17).



**Figura 17.** Efeitos do uso de diferentes coberturas vegetais na taxa de crescimento total ( $\text{dm}^2.\text{g}.\text{dia}^{-1}$ ) da planta de milho (*Zea mays* L), Manaus – AM, 2020.

As coberturas de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* proporcionaram a maior taxa de crescimento da cultura até o final do estágio vegetativo do milho (70 DAE), quando comparadas ao controle e *M. pruriens* que foram menos eficientes. Esta superioridade das coberturas de *B. ruziziensis* e *V. unguiculata* se deve na influência que elas tiveram na planta do milho no aumento da capacidade fotossintética e do incremento da biomassa, daí se recomenda estas coberturas para garantir a produção final dos grãos (AUMONDE et al., 2011).

Acredita-se que as coberturas de *M. pruriens* produziram menor taxa de crescimento sobre a cultura do milho por ter hábito de crescimento trepador, reduzindo a incidência de luz na cultura e consequentemente afetando a fotossíntese e a produção de fotoassimilado para o desenvolvimento do milho.

## 6. CONCLUSÃO

As coberturas de *Brachiaria ruziziensis* e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. mostraram-se satisfatórias porque conferiram melhores desempenhos para as características agronômicas no sistema de cultivo de milho até o final do estágio vegetativo do milho (70 DAE).

As coberturas de *Brachiaria ruziziensis*, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. proporcionaram maiores valores de matéria seca e área foliar das plantas de milho até o final do estágio vegetativo do milho (70 DAE).

*Brachiaria ruziziensis* promoveu melhores resultados de índices de crescimento e melhor desenvolvimento da planta de milho até o final do estágio vegetativo (70 DAE).

## 7. REFERÊNCIAS

ARAÚJO JR, B.; SILVA, P.; MORAIS, P.; DOMBROSKI, J. *et al.* Crescimento do milho com controle de plantas daninhas via consorciação com gliricídia. **Planta Daninha**, 30, n. 4, p. 757-766, 2012.

ARF, O; MEIRELLES, F.C; PORTUGAL, J. R; SALATIÉR, S; SÁ, M. E; RODRIGUES, R. A. F. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto, *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.17, n.3, p. 431-444, 2018.

ASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 779-785, 2004.

AUMONDE, T. Z. *et al.* Análise de crescimento do híbrido de mini melancia smile enxertada e não enxertada. *Interciencia*, Caracas, v. 36, n. 9, p. 677-681, 2011.

BARRETO, A. C. **Adubação verde: uso de leguminosas no pomar cítrico**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2006, 2p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 41 p. 2003.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater, 2014. 84p.

BERTON, G. S. **Análise de crescimento e produtividade de sete clones de cana-de-açúcar, em cana-soca, cultivados no Município de Paranaíba-PR**. 2014. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BORGES, T. K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; DOS SANTOS, T. E. M.; DA SILVA, D. D.; DE PAULA, V. **Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido**

**nordestino**. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v. 38, n. 6, p. 1862–1873, 2014.

BUSATO, C.; BUSATO, C. Crescimento inicial da cultura do milho em cultivo consorciado. **Enciclopédia Biosfera**, 7, n. 13, 2011.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 72 p. 2008.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura. In: **Adubos verdes: espécies, características, ações e vantagens, diferentes métodos, plano de rotação e correção orgânica de acidez no perfil do solo**. Botucatu: Agroecologia Hoje, n.14, p. 12, 2002.

CALEGARI, A.; DONIZETE CARLOS, J. A. Recomendações de plantio e informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, p. 452-478.

CAMILO, E. L., MÜLLER, M. M. L., RAMPIM, L., CAMILO, M. L., GRAFFUNDER, W. R., KULIK, J. L., POTT, C. A. Acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura em cultivo solteiro, consórcio e policultivo na Região Sul do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e779997870-e779997870, 2020.

CARDOSO, D, P. et al. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p. 375-382, 2013.

CARVALHO, W. P. et al. **Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 86-93, 2012.

CECCON, G.; STAUT, L.A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L.A.Z.; NUNES, D.P.; ALVES, V.B. **Legumes and forage species sole or intercropped with corn**

**in soybean-corn succession in Midwestern Brazil.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.37, n.1, p.204-212, 2013.

CONCENÇO, G. I. et al. Photosynthetic characteristics of hybrid and conventional rice plants as a function of plant competition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 803-809, 2011.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 338p.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 033-042, 2010.

CUSTÓDIO, D. P.; PASQUALETTO, A.; OLIVEIRA, I. P. **Comportamento de cultivares de milho (*Zea mays*) e sistemas de cultivo.** Goiânia, Estudos, v.30, n.8, p.1793-1804, 2003.

DABNEY, S.M.; DELGADO, J.A.; REEVES, D.W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communication Soil Science Plant Anal.** v.32, p.1221–1250, 2001.

DE OLIVEIRA, I.; FONTES, J.; BARRETO, J.; PINHEIRO, J. Recomendações técnicas para o cultivo de milho no Amazonas. **Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2018.

DIAWARA, B. Effect of planting date on growth, development, and yield of grain sorghum hybrids. 2012. 75f. Thesis (Tese de Doutorado) - Department of Agronomy, Kansas State University.

EMBRAPA. **Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul Safras 2017/2018 e 2018/2019.** IFRS Campus Sertão 17 a 19 de julho de 2017, Embrapa Clima Temperado, Brasília, DF, 2017.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning

in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.755-767, 2001.

FABIAN, A.J.; CORÁ, A.J.; TORRES, J.L.R.; et al. Produção e Decomposição de Fitomassa de Plantas de Cobertura em Plantio Direto no Cerrado. In: XVII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, Rio de Janeiro-RJ, 2008. Anais... Rio de Janeiro-RJ, SBCS/EMBRAPA Solos-RJ, 2008.

FALQUETO, A. R. et al. Crescimento e partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 453-46, 2009.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. da UFV. 2015. p. 108-136.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANG, H.; YE, Y.; LIU, W.; WEI, S.; MA, L. Continuous estimation of canopy leaf area index (LAI) and clumping index over broadleaf crop fields: an investigation of the PASTIS-57 instrument and smartphone applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.253-254, p.48-61, 2018.

FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1966. Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTI, E. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: Incaper, 2008, 27p.

FREIRE FILHO, F. R., et al. Feijão caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**. 2011, p. 84.

FREITAS, G. B.; PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; BARELLA, T. P.; DINZ, E. R. **Trabalhador na olericultura básica: adubação verde**. Brasília: SENAR, 2003, 91p. (Coleção SENAR 71).

FREITAS, G. B.; PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; BARELLA, T. P.; DINZ, E. R. **Trabalhador na olericultura básica: adubação verde**. Brasília: SENAR, 2003, 91p. (Coleção SENAR 71).

GARCIA, A. et al. Análise de crescimento de uma cultura de milho submetida a diferentes regimes hídricos. *Nucleus*, Ituverava, v. 5, n. 1, 2008.

GARCIA, A. et al. Análise de crescimento de uma cultura de milho submetida a diferentes regimes hídricos. *Nucleus*, Ituverava, v. 5, n. 1, 2008.

GARCIA, A. et al. Análise de crescimento de uma cultura de milho submetida a diferentes regimes hídricos. *Nucleus*, Ituverava, v. 5, n. 1, 2008.

GERLACH, G. A. X.; DA SILVA, J. C.; ARF, O. Resposta do milho em consórcio com adubos verde no sistema plantio direto. **Acta Iguazu**, 8, n. 2, p. 134-146, 2019.

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.

GIMENES, M. J.; FILHO, R. V.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F.A.D.; R. S. CHRISTOVAM. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, v.15, n.2, p.61-76. 2008.

GOMES, O.M.T.; GORENSTEIN, M.R.; TATEYAMA, G.H. **Diferentes doses de adubação de cobertura em milho (*Zea mays* L.) com sulfato de amônio farelado**. *Revista científica eletrônica de agronomia*, n.10, p.1-7, 2006.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 675-680, 1999.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices Morfogênicos e de Crescimento durante o Estabelecimento e a Rebrotação do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.

GONÇALVES, A. O.; DA SILVA, E. H. F. M.; GASPAROTTO, L. G.; ROSA, J. M. *et al.* Melhoria das medições indiretas do índice de área foliar com uso da altura do dossel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55, n. X, p. 01894, 2020.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman. 112p. 1990.

HUNT, R. Growth analysis, individual plants. In: THOMAS B, MURPHY D.J.; MURRAY D. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. London: Academic Press. p.579-588, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agricultura. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/188>>. Acesso em: 22/01/2020.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 2016.

KROSS, A.; MCNAIRN, H.; LAPEN D.; SUNOHARA, M.; CHAMPAGNE, C. Assessment of RapidEye vegetation indices for estimation of leaf area index and biomass in corn and soybean crops. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 34, 235-248, 2015.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho: clima e solo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 3p.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na

produtividade de milho em sistema semeadura direta e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LEVENE, H. Robust testes for equality of variances. In: OLKIN, I (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics**. Palo Alto, CA: Stanford University Press, 1960. p. 278– 292.

MAGALHAES, P. C.; DURÃES, F. O. Fisiologia da produção de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. Piracicaba, SP: Editora Agronômica Ceres, 638 p. 2006.

MANFRON, P.A.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A.R.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; PILAU, G. Modelo de índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 333-342, 2003.

MARQUES FILHO, A.O., M.N.G. Ribeiro, H.M. Santos e J.M. Santos. 1981. Estudos climatológicos da Reserva Florestal Ducke – Manaus – AM. IV. Precipitação. *Acta Amazônica*, 11: 759-768.

MATHEIS, H.A.S.M.; AZEVEDO, F.A. de; VICTÓRIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja**, v.27, p.101-110, 2006.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Os sistemas agrários sem alqueive das regiões temperadas, A primeira revolução agrícola dos tempos modernos**. IN:\_. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, cap. 8, p.353-396. 2010.

MHLANGA, B.; CHEESMAN, S.; MAASDORP, B.; MUPANGWA, W.; MUNYORO, C.; SITHOLE, C.; THIERFELDEER, C. Effects of relay cover crop planting date on their biomass and maize productivity in a sub-humid region of Zimbabwe under conservation agriculture. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, Amsterdam, v. 78, p. 93-101, 2016.

MIRANDA, ELIAS MELO DE. **Amendoim forrageiro: importância, usos e manejo**. Embrapa agrobiologia. 85p. 2008.

OLIVEIRA, D. et al. Índices fisiológicos de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes pré-embebidas em stimulate. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13 p.1833-1846, 2011.

OLIVEIRA, I. J.; DIÓGENES, H. C.; PUPO, J. R.; FONTES, J. R. **Comportamento de Cultivares de Milho-Verde em Terra Firme no Amazonas**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus/Itacoatiara. v.49, p.1-6, 2015.

OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.; BARRETO, J. F.; PINHEIRO, J. O. C. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho no Amazonas**. v.68, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/183368/1/12020>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO - **FAO**. Estado Mundial da Agricultura e Alimentação, (2020). <http://www.fao.org/brasil/pt/>.

OUZA, A. P. et al. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v.19, n.3, p. 512-526, 2014.

PATEL, S.; DHILLON, N. K. **Evaluation of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) as green manure /amendment and its biomass content on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in successive crop brinjal**. Journal of Entomology and Zoology Studies, San Jose, v. 5, n. 6, p. 716-720, 2017.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.1, p.51-76, 2011.

PELA, A. et al. Plantas de cobertura e adubação com NPK para milho em plantio direto. **Scientia Agrária**, v. 11, n. 5, p. 371-377, 2010.

PONTES, L. da S.; LOUAULT, F.; CARRÈRE, P.; MAIRE, V.; ANDEUZA, D.; SOUSSANA, J.F. The role of plant traits under their plasticity in the response of pasture grasses to nutrients and cutting frequency. **Annals of Botany**, v.105, p.957-965, 2010.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 26, n. 103, p.1-20, set. 2003.

ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D. e; MENEZES JUNIOR, J. A. de Cultivares. In: DOVALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão-caupi: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 113-142.

RODÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J.; ROBERTSON, D. G.; WELS, L. L. **Crop rotation studies with velvet bean (*Mucuna pruriens*) for the manangement of *Meloidogyne* spp.** Journal of Nematology, v. 24, n. 4, p. 662-668. 1992.

SANGOI, L., LECH, V. A, RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e fonte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 37 (3), pp.259-267. 2002.

SANTOS, P. A.; DA SILVA, A. F.; DE CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista brasileira de milho e sorgo**, 9, n. 2, p. 123-134, 2010.

SCHLINDWEIN, J. A. et al. **Manejo dos solos e a sustentabilidade da produção agrícola na Amazônia Ocidental**. Porto Velho: Núcleo Regional Amazônia Ocidental: SBCS, 2014. v. 1, p. 267-287.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SATOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, 2004.

SHAPIRO, S.; WILK, M. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, n. 52 (3/4), p. 591-611. 1965. DOI: 10.2307/2333709.

SILVA, D.A. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.

SILVA, J. A. A.; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde em citros**. UNESP/ FUNEP/ EECB. 1999, 37p.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, E. M.; AMORIM NETO, M. S. Análise de crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA,. 47p. (**Boletim Técnico**, 34). 2000.

SOFIA, P. K.; PRASAD, R.; VIJAY, V. K. **Organic farming – Tradition reinvented**. Índia *Journal of Traditional Knowledge*, v. 5, n. 1. P. 139-142. 2006.

SOUZA, Luiz Carlos Ferreira de e t al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade do milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.55-62, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; SILVA, C.A.; PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto +crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, p.647-653, 2009.

TELHADO, S. F. P. **Desempenho e produtividade de milho em consórcio com adubos verdes em sistema orgânico de produção**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TELHADO, S. F. P. **Desempenho e produtividade de milho em consórcio com adubos verdes em sistema orgânico de produção**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Diferentes coberturas vegetais na produção de milho (*Zea mays* L.). **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, 16, n. 2, 2012.

VENEGAS, Fabio; SCUDELER, Fabio. Diferentes coberturas vegetais na produção de milho (*Zea mays* L.). **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 2, 2012.

VENTURA, F. et al. **Validation of development models for winter cereals and maize with independent agrometeorological observations in the BBCH scale**. Italian Journal of Agrometeorology. v. 3, p. 17-26, 2009.

VIJAYKUMAR, A.; SAINI, A.; JAWALI, N. Phylogenetic analysis of subgenus *Vigna* species using nuclear ribosomal RNA ITS: Evidence of hybridization among *Vigna unguiculata* subspecies revealed by arbitrarily primed polymerase chain reaction analysis. **Journal of Heredity**, v. 101, n. 2, p. 177-188, 2010.

VON PINHO, R. G. et al. Avaliação agronômica do cultivo de milho em diferentes níveis de investimento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 1, p. 39-46, 2009.

YAN, G.; HU, R.; LUO, J.; WEISS, M.; JIANG, H.; MU, X.; XIE, D.; ZHANG, W. Review of indirect optical measurements of leaf area index: recent advances, challenges, and perspectives. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.265, p.390-411, 2019.