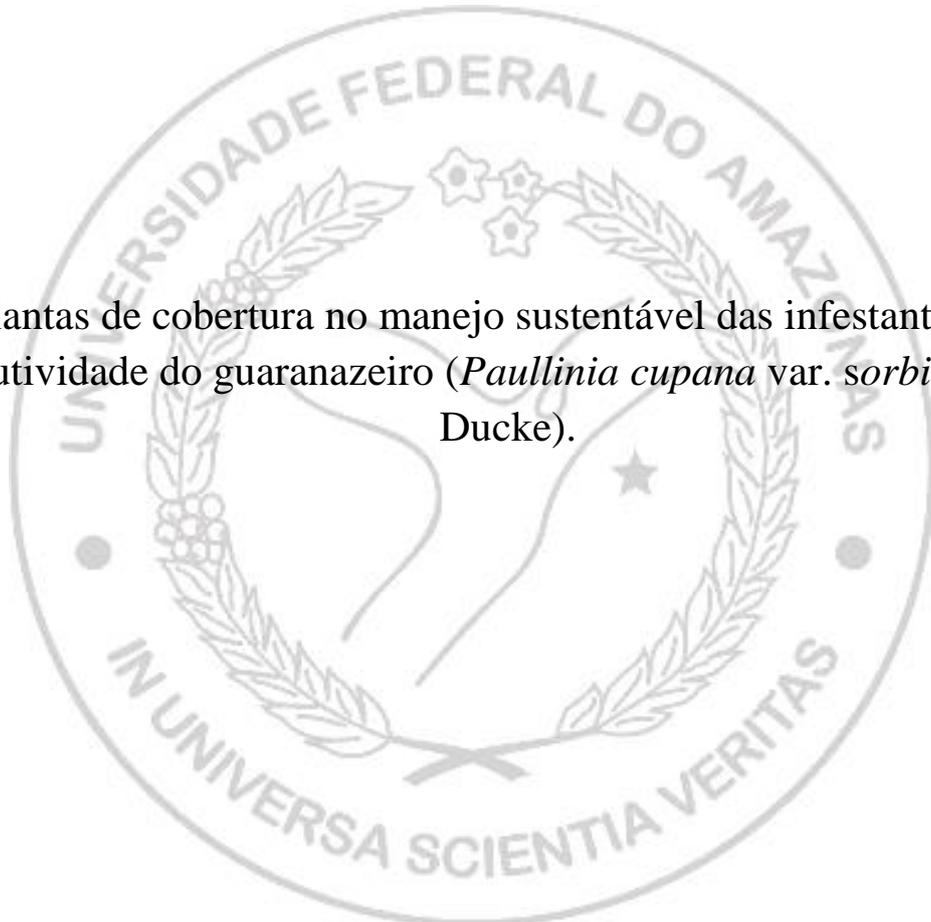


UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

Plantas de cobertura no manejo sustentável das infestantes e na produtividade do guaranzeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke).



LAIS ALVES DA GAMA

MANAUS  
2019

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

LAIS ALVES DA GAMA

Plantas de cobertura no manejo sustentável das infestantes e na produtividade do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke).

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

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

Coorientador: Dr. Firmino José do Nascimento Filho

MANAUS

2019

### Ficha Catalográfica

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

G184p Gama, Lais Alves da  
Plantas de cobertura no manejo sustentável das infestantes e na produtividade do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). / Lais Alves da Gama. 2019  
111 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Sônia Maria Figueiredo Albertino  
Coorientador: Firmino José do Nascimento Filho  
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Composição florística. 2. cobertura vegetal. 3. meia-vida. 4. metilxantinas. I. Albertino, Sônia Maria Figueiredo II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

LAÍS ALVES DA GAMA

PLANTAS DE COBERTURA NO MANEJO  
SUSTENTÁVEL DAS INFESTANTES E NA  
PRODUTIVIDADE DO GUARANAZEIRO (*Paullinia  
cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE)

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia Tropical  
da Universidade Federal do Amazonas,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Doutora em  
Agronomia Tropical, área de  
concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 26 de março de 2019

BANCA EXAMINADORA

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

  
Profa. Dra. Eva Maria Alves Cavalcanti Atroch, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

  
Profa. Dra. Maria Rosângela Malheiros Silva, Membro  
Universidade Estadual do Maranhão

  
Dr. Lúcio Pereira Santos, Membro  
Embrapa Amazônia Ocidental

  
Prof. Dr. Ayrton Luiz Urizzi Martins, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

**DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus,  
aos meus pais Paula Alves e Isaac da Gama,  
avó Marly Alves e  
ao meu companheiro de vida Kasdan Cerdeira,  
com todo amor.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e por ser minha fonte inesgotável.

À professora Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, pela amizade, paciência, carinho, orientação, incentivo e principalmente, pela oportunidade e confiança depositadas em mim por todos esses anos.

Ao Dr. Firmino José do Nascimento Filho, pela valiosa contribuição e sugestões para este trabalho.

Ao professor Dr. José Ferreira da Silva, pelos ensinamentos, orientação, respeito e amizade.

À Universidade Federal do Amazonas pela minha formação, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, professores, colegas e técnicos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro ao projeto universal.

À Fazenda Agropecuária Jayoro Ltda pela disponibilização da área experimental, pelo auxílio e apoio, em especial, ao superintendente Waltair Prata e aos profissionais, Lúcio Rezende, Fabrício Fregonezi, Athanael, Luiz, Preceles, Conceição, Sandra e demais funcionários.

À equipe do Laboratório de Ciência das Plantas Infestantes: Ajax, Anselmo, Bruna, Celso, Géssica, Giancarlo, Flávia, Francisco, Leandro, Layane, Daniel, Dani Cunha, Dani Roa, Karla, Jefferson, Monique, Marcelo, Mauro, Silvana, Sara, Vilson e Vaneza pelo apoio e conforto oferecido nas horas difíceis.

Aos colegas de turma do PGATR: Alex-Sandra Farias de Almeida, Renato Epifânio de Sousa, Natasha Nina, Fernando Gomes e Suelen Cristina de Sousa Lima, pela amizade, apoio e conforto em todos os anos de curso.

Ao responsável técnico pelo Laboratório de Purificação de Biomoléculas Júlio Nino de Souza Neto do Centro de Análise Multidisciplinar-UFAM pela ajuda e disposição nas análises de metilxantinas deste trabalho.

Aos senhores Francisco e Wanderley, sempre disponíveis em auxiliar com o transporte para as idas ao experimento, e aos motoristas da UFAM, em especial ao Jaime, Fagner e Cleverton.

À toda minha família, que sempre me incentivou e encorajou em todas as decisões tomadas na minha vida, em especial aos meus pais, avó e irmãos.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Deixo aqui expresso meu muito obrigada!

## RESUMO

O guaraná representa uma das principais potencialidades econômicas entre as principais culturas do estado do Amazonas, devido à alta concentração de cafeína presente em suas sementes. No entanto, as condições climáticas no Amazonas favorecem o surgimento de pragas, doenças e o crescimento de plantas infestantes, contribuindo para a competição com as plantas de guaraná. No caso de plantas infestantes, dependendo do tamanho da área sob cultivo, o produtor pode usar herbicida com mais frequência para o controle de plantas infestantes. Em agroecossistemas sustentáveis, as culturas de cobertura podem ser grandes aliadas no manejo das culturas, contribuindo para melhorar a produção agrícola e promovendo benefícios como reposição de nutrientes e matéria orgânica no solo e suprimindo as plantas infestantes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de plantas de cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*) no solo, supressão de plantas infestantes e produtividade do guaranazeiro. Após a instalação do experimento foram avaliadas: composição florística de plantas infestantes, produção de fitomassa de plantas de cobertura, porcentagem de cobertura do solo, taxas de decomposição de resíduos vegetais produzidos por plantas de cobertura, análise química de matéria seca de plantas de cobertura, análise nutricional de folhas de guaraná, teor de cafeína em sementes de guaraná e produtividade do guaraná. Os dados foram submetidos à análise de variância e o teste F foi aplicado a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7. *Digitaria horizontalis* foi a mais importante planta infestante, suprimida apenas pela *B. ruziziensis*, esta cultura de cobertura suprimiu 100% das plantas infestantes na cultura do guaraná, apresentando excelente cobertura do solo e alta produção de fitomassa. Os maiores teores de matéria seca, nitrogênio e potássio foram observados em *M. deeringiana*. As maiores quantidades de cálcio, magnésio e fósforo foram encontradas na *C. ensiformis*. *Brachiaria ruziziensis* apresentou a maior taxa de decomposição da matéria seca. No primeiro ano, as maiores taxas de liberação de potássio ocorreram em *C. ensiformis* e de nitrogênio e cálcio em *B. ruziziensis*. No segundo ano, a *C. ensiformis* apresentou as maiores taxas de liberação de nitrogênio e potássio. Os tipos de manejo de plantas infestantes influenciaram os níveis de nitrogênio, potássio e cálcio nas folhas de guaraná, no entanto, não afetaram a produtividade do guaraná. *Canavalia ensiformis* aumentou a concentração de cafeína em sementes de guaraná.

**Palavras-chave:** Composição florística. Cobertura vegetal. Meia-vida. Metilxantinas.

## ABSTRACT

Guarana represents one of the main economic potentialities among the main crops in the state of Amazonas due to the high concentration of caffeine present in its seeds. However, the climatic conditions in Amazonas favor the appearance of pests, diseases and the growth of weed, contributing to the competition with guarana plants. In the case of weed, depending on the size of the area under cultivation, the producer can use herbicides more frequently to weed control. In sustainable agroecosystems, cover crops can be great allies in crop management, contributing to improve the agricultural production and promoting benefits such as nutrient and organic matter replacement in the soil and suppressing weed. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of cover crops (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* and *Mucuna deeringiana*) on soil, weed suppression and guarana productivity. After the installation of the experiment were evaluated: floristic composition of weed, biomass production of cover crops, percentage of soil cover, decomposition rates of vegetal residues produced by cover crops, chemical analysis of dry matter of cover crops, nutritional analysis of guarana leaves, caffeine content in guarana seeds and guarana productivity. The data were submitted to analysis of variance and the F test was applied at 5% of probability, using the statistical computer program ASSISTAT version 7.7. *Digitaria horizontalis* was the most important weed, suppressed only by the *B. ruziziensis*, this cover crop suppressed 100% of the weed in guarana crop, presenting excellent soil cover and high biomass production. The highest dry matter yield, nitrogen and potassium levels were observed in *M. deeringiana*. The highest amounts of calcium, magnesium and phosphorus were found in *C. ensiformis*. *Brachiaria ruziziensis* presented the highest dry matter decomposition rate. In the first year, the highest rates of potassium release occurred in *C. ensiformis*, and of nitrogen and calcium in *B. ruziziensis*. In the second year, *C. ensiformis* presented the highest rates of nitrogen and potassium release. The types of weed management influenced the nitrogen, potassium and calcium levels in guarana leaves, however, did not affect the guarana productivity. *Canavalia ensiformis* increased the caffeine concentration in guarana seeds.

**Key words:** Floristic composition. Plant cover. Half-life. Methylxanthines.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1.** Porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo proporcionada pelas plantas de cobertura e pelas plantas infestantes nos anos agrícolas de 2017 e 2018. BR- *Brachiaria ruziziensis*; CE- *Canavalia ensiformis*; MD- *Mucuna deeringiana*. Presidente Figueiredo-AM, 2017- 2018.....36

### CAPÍTULO II

**Figura 1.** Precipitação média (mm) na área experimental no município de Presidente Figueiredo (AM), durante a condução do experimento. Presidente Figueiredo-AM, 2017 – 2018.....57

**Figura 2.** Peso da matéria seca remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018.....61

**Figura 3.** Teor de nitrogênio remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018.....62

**Figura 4.** Teor de potássio remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018.....63

**Figura 5.** Teor de cálcio remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018.....64

**Figura 6.** Teor de fósforo remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, Presidente Figueiredo, AM, 2018 .....65

**Figura 7.** Matéria seca das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 (Figura 6A) e 2018 (Figura

6B). Presidente Figueiredo-AM, 2017 – 2018.....	67
---	----

<b>Figura 8.</b> Teor de potássio das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 (Figura 8A) e 2018 (Figura 8B). Presidente Figueiredo-AM, 2017 – 2018 .....	71
---	----

<b>Figura 9.</b> Teor de cálcio das plantas de cobertura <i>B. ruzizienisis</i> em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação. Presidente Figueiredo-AM, 2017.....	73
---	----

<b>Figura 10.</b> Teor de nitrogênio das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 (Figura 10 A) e 2018 (Figura 10 B). Presidente Figueiredo- AM, 2017-2018 .....	74
---	----

## LISTA DE TABELAS

## CAPÍTULO I

**Tabela 1.** Parâmetros fitossociológicos das plantas infestantes em área sob plantio de guaranazeiro, antes da implantação das espécies de cobertura do solo. Presidente Figueiredo-AM, 2017..... 36

**Tabela 2.** Parâmetros fitossociológicos das plantas infestantes de área sob plantio de guaranazeiro, após a implantação de espécies de cobertura do solo. Presidente Figueiredo-AM, 2017..... 39

**Tabela 3.** Parâmetros fitossociológicos das plantas infestantes de plantio de guaranazeiro, no segundo ano de implantação de espécies de cobertura do solo. Presidente Figueiredo-AM, 2018..... 41

**Tabela 4 -** Resumo da Anova para produção de matéria seca das plantas de cobertura (MSPC) e das infestantes (MSPI), em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo-AM, 2017 - 2018..... 43

**Tabela 05.** Produção de matéria seca (kg/ha) das plantas de cobertura (MSPC) e das plantas infestantes (MSPI) em plantios de guaranazeiro, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo-AM, 2017-2018. .... 44

## CAPÍTULO II

**Tabela 1.** Composição química e granulométrica de amostras de solo coletada antes da implantação do experimento em Presidente Figueiredo –AM, 2017.....56

**Tabela 2.** Resumo da Anova para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de três espécies de cobertura, em quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas de cultivo do guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018..... 59

**Tabela 3.** Constante de decomposição (K) e tempo de meia-vida ( $T^{1/2}$ ) em relação à fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 e 2018. Presidente Figueiredo-AM, 2017 – 2018 .....68

### CAPÍTULO III

**Tabela 1.** Composição química e granulométrica de amostras de solo coletada antes da implantação do experimento .....86

**Tabela 2.** Resumo da Anova para nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de guaranazeiro em função do manejo das infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo, AM,2017-2018.....89

**Tabela 3.** Resumo da Anova para produtividade de sementes secas e teor de cafeína nas sementes de guaranazeiro, em função do manejo das infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo, AM, 2017-2018.....89

**Tabela 4.** Médias dos teores de cálcio (Ca), nitrogênio (N) e potássio (K) nas folhas de guaranazeiro cultivado em função do manejo das infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo, AM,2017-2018.....90

**Tabela 5.** Médias das concentrações de cafeína (%) nas sementes de guaranazeiro, em função do manejo das plantas infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo – AM, 2017-2018 .....93

**SUMÁRIO**

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. Revisão de literatura .....	4
3.1 O guaranazeiro .....	4
3.2. Potencialidades e importância socioeconômica .....	5
4. Interferência das plantas infestantes na cultura do guaranazeiro .....	7
4.1. Métodos de controle de plantas infestantes.....	8
5. Plantas de cobertura .....	9
5.1 Características das plantas de cobertura.....	10
5.2 Efeitos das plantas de cobertura na supressão de infestantes.....	13
5.3 Velocidades de decomposição das plantas de cobertura.....	14
5.4 Acúmulo e liberação de nutrientes .....	15
Referências Bibliográficas .....	17
CAPÍTULO I .....	30
LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO E ANÁLISE DE COBERTURA DO SOLO NA SUPRESSÃO DE PLANTAS INFESTANTES EM PLANTIO DE GUARANAZEIRO.....	30
INTRODUÇÃO .....	32
MATERIAL E MÉTODOS .....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÃO .....	46
REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO II.....	53
TEORES DE NUTRIENTES E TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA EM PLANTIO DE GUARANAZEIRO .....	53
INTRODUÇÃO .....	55
MATERIAL E MÉTODOS .....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÃO .....	76

REFERÊNCIAS.....	77
CAPÍTULO III.....	82
TEORES DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DO GUARANAZEIRO EM FUNÇÃO DO CONSÓRCIO COM PLANTAS DE COBERTURA .....	82
INTRODUÇÃO .....	84
MATERIAI E MÉTODOS .....	86
RESULTADO E DISCUSSÃO .....	88
CONCLUSÃO .....	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	94
REFERÊNCIAS.....	95

## 1. INTRODUÇÃO

A população humana vem se preocupando com a qualidade e a origem de seus alimentos, tema este que tem sido discutido pelos diversos setores da sociedade. A produção sustentável de alimentos, aliados às preservações do meio ambiente e da biodiversidade, são práticas consideradas importantes para a saúde da população. Neste sentido, existe a necessidade de iniciativas que visem o desenvolvimento de tecnologias alternativas para comporem os sistemas de produção que sejam economicamente viáveis e sustentáveis, aproveitando-se dos recursos naturais disponíveis com potencial para valorizar a qualidade de vida do ser humano e a proteção ambiental.

Nos sistemas produtivos desenvolvidos no Estado do Amazonas a cultura do guaraná representa uma das principais potencialidades. A produção de guaraná vem ganhando importância cada vez maior no cenário econômico e social, especialmente na região amazônica, onde é produzido principalmente pela agricultura familiar. O alto consumo nacional de bebidas gaseificadas contendo extrato de guaraná abre perspectivas mercadológicas para investidores com foco no crescente mercado, bem como o surgimento de novos produtos com evidências benéficas à saúde humana, proporcionadas pelas substâncias presentes nessa planta, que podem levar a maior aceitação e, conseqüentemente, maior demanda por guaraná (SCHIMPL, 2013).

Apesar do potencial da cultura do guaraná no Amazonas, existem alguns entraves para sua produção como problemas fitossanitários, envelhecimento e a não-renovação dos guaranazais e a carência de pesquisas voltadas para o ecossistema amazônico, focadas no uso correto do solo, manejo de coberturas vegetais e controle de plantas infestantes, além do alto custo dos insumos (ATROCH, 2009).

O manejo das plantas infestantes, feito de forma correta, é ponto obrigatório quando se trata da segurança alimentar em todo o mundo. No entanto, a sustentabilidade desse manejo pelo método químico em longo prazo está enfrentando diversos desafios. O mais importante entre estes desafios está relacionado aos impactos negativos dos herbicidas sobre a saúde humana, animal e ambiental (JABRAN et al. 2015).

Apesar de alguns trabalhos evidenciarem a eficácia na utilização de herbicidas no controle de plantas infestantes sem causar danos à planta cultivada, não existem produtos

registrados no Brasil para a aplicação em guaranazais, o que impossibilita a recomendação de herbicidas para o controle de infestantes na cultura.

O uso de plantas de cobertura como alternativa à aplicação de herbicidas no controle de plantas infestantes tem sido estudado, principalmente por aqueles que praticam agricultura sustentável. Dependendo da espécie de planta de cobertura e da quantidade de palhada existente sobre o solo, o controle das infestantes pode ocorrer devido à liberação de compostos alelopáticos, pelo efeito físico da palhada associado à ativação dos mecanismos de dormência ou com a formação de barreira física impedindo a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo (GOMES JUNIOR e CHRISTOFFOLETI, 2008).

Além disso, a utilização de plantas de cobertura pode aumentar a produtividade do solo de forma sustentável e econômica, trazendo melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, aumento da matéria orgânica nos agrossistemas e controle de erosão dos solos de diferentes agroecossistemas (WUTKE et al. 2014; CARVALHO et al. 2014).

Na busca por tecnologias alternativas para o sistema de produção que possam ser economicamente viáveis e sustentáveis, se faz necessário destacar a importância dos estudos sobre as plantas de cobertura, em que o conhecimento detalhado das relações existentes entre as plantas cultivadas e infestantes permitirão melhorar os sistemas agrícolas, como alternativa à aplicação de herbicidas no controle de plantas infestantes.

Sabendo-se que as plantas infestantes podem causar danos econômicos da ordem de 65% da produção, são necessárias pesquisas para avaliar em métodos alternativos de manejo dessas plantas, de forma sustentável no cultivo do guaranazeiro.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o efeito das plantas de cobertura na supressão de infestantes, na produtividade do guaranazeiro e determinar a taxa de decomposição das plantas de cobertura.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Comparar os diferentes tipos de cobertura vegetal quanto ao potencial de supressão das plantas infestantes em plantio de guaranazeiro;

- Determinar a taxa de decomposição das plantas de cobertura nas condições ambientais do estado do Amazonas;

- Avaliar o efeito das plantas de cobertura sobre a produção e cafeína no guaranazeiro;

- Analisar o estado nutricional das plantas de guaranazeiro em função das coberturas.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 O guaranazeiro

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) é uma espécie nativa da Amazônia, cujo fruto é o guaraná. É uma dicotiledônea pertencente à família das Sapindaceae, possui cerca de 130 gêneros e 2.000 espécies distribuídas em árvores, arbustos e cipós. O gênero *Paullinia* com aproximadamente 200 espécies, está restrito a essa região com poucas exceções na América tropical e subtropical. A espécie *Paullinia cupana* possui duas variedades botânicas, a variedade *sorbilis* conhecida como guaraná brasileiro e o único cultivado para fins comerciais, e o *Paullinia cupana* var. *typica* o guaraná encontrado na Venezuela. O município de Maués é considerado um dos centros de origem, acredita-se que os índios Sateré-Mawé o transformaram de uma trepadeira silvestre, em arbusto cultivado, introduzindo seu plantio e beneficiamento (TROPICOS, 2017; SCHIMPL et al. 2013; GAMA, 2015; SILVA, 2016).

É uma planta tropical, perene, adaptada à clima quente e úmido, necessitando de mais de 1300 mm de chuva por ano e temperatura média superior a 21 °C, se adapta melhor aos solos ricos em matéria orgânica, profundos e bem drenados, de textura média. Pode ser utilizado em sistemas agroflorestais podendo ser intercalado com fruteiras semi perenes, como o abacaxi e o maracujá ou perenes como a pupunha, durante os três primeiros anos (CORRÊA et al. 1998; NASCIMENTO FILHO, 2003; LUNGUINHO, 2007).

Em seu habitat natural cresce como liana até atingir o estrato superior da floresta, com a domesticação e o cultivo a céu aberto, apresenta-se na forma de arbusto sub ereto com aproximadamente 3,0 m de altura (ARRUDA, 2007; ÂNGELO et al. 2010).

Sua inflorescência é do tipo cacho, em diferentes tamanhos, podendo ultrapassar os 20 cm, geralmente se formam nas axilas das folhas ou na base de suas gavinhas (pedunculadas). As flores são dispostas no eixo principal da inflorescência, organizadas em fascículos de três a sete, e em uma mesma inflorescência, eventualmente ocorrem picos de floração masculina e feminina de forma dessincronizada (SOUZA et al. 1996; LUNGUINHO, 2007).

O fruto é uma cápsula deiscente, possuindo de uma a quatro sementes com coloração marrom escura envoltos por um arilo branco e farináceo, com função de proteção do embrião contra perda de umidade e quando aberto, a deixa exposta (SOUZA et al. 1996; POLO, 2006; KRUG et al. 2015).

### **3.2. Potencialidades e importância socioeconômica**

O atrativo comercial do guaranazeiro está nas suas sementes, que após secas, dão origem a um produto comercial com alto teor de cafeína (2,5 a 6%), cerca de 2 a 5 vezes mais que as sementes de café, superando também os teores encontrados no mate (1%) e no cacau (0,7%). As sementes de guaraná ainda apresentam grande quantidade de amido (60% da semente seca), tanino (em torno de 10%), teobromina (0,03 a 0,17%) e teofilina (0,02 a 0,06%), ricas também em fósforo, potássio, ferro, cálcio, tiamina, vitamina A, proteína e açúcares (SOUZA et al. 2010; MIRANDA e METZNER, 2010). A cafeína, porém, é o ingrediente responsável pela atividade estimulante vinculada ao fruto do guaraná.

Após o processo de beneficiamento, as sementes são transformadas em pó, xarope ou extrato, usado em suplementos alimentares (nutracêuticos, energéticos e dietéticos), produtos farmacêuticos, cosméticos e principalmente na indústria de refrigerante, para onde se destina por cerca de 70% da produção nacional, sendo o extrato concentrado, responsável pelas características de cor, aroma e sabor aos refrigerantes (KURI, 2008; ANGELO et al. 2008; MICHILES, 2010; SAI, 2013; CERVIERI JUNIOR, 2014; FIGUEROA, 2016).

Devido ao alto potencial desta planta, bem como suas características medicinais e rentabilidade, o guaraná tornou-se matéria-prima importante para economia no Brasil (MARQUES, 2016). O alto consumo nacional de bebidas gaseificadas contendo extrato de guaraná abre perspectivas mercadológicas para investidores com foco no crescente mercado, bem como o surgimento de novos produtos baseados em evidências dos benefícios à saúde humana, causados pelas substâncias presentes no guaraná, podem levar a maior aceitação e, conseqüentemente, maior demanda pelo produto (SCHIMPL, 2014).

O Brasil é o único produtor comercial de guaraná (KURI, 2008), com produção comercial nos Estados do Acre, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Bahia e Amazonas,

totalizando mais de 15.000 hectares plantados com guaranazeiro e produção de 3.724 toneladas de grãos secos colhidos (CEPAGRO, 2015).

No Estado do Amazonas, o maior produtor regional de guaraná é o município de Maués com 51,62% da área plantada (329 ton/ano), seguido pelos municípios de Presidente Figueiredo com 97 ton/ano, Urucará e Itacoatiara com 50 ton/ano cada. O guaranazeiro é uma planta nativa brasileira, cultivada por produtores de pequena e larga escala (IBGE, 2016). Em 2015, mais de 2,8 mil famílias cultivaram o guaranazeiro em uma área de aproximadamente 6,7 mil hectares no Estado do Amazonas. Desse total, apenas duas propriedades utilizam áreas maiores que 400 ha, o que indica que os pequenos produtores são responsáveis pela maior parte da área plantada, com suas propriedades em torno de um a três hectares cultivados com guaraná (PEREIRA, 2007).

Os Estados do Amazonas e Bahia juntos possuem 95% da área de crescimento de guaranazeiro no Brasil. Embora o Amazonas seja a região nativa desta planta, não é mais o maior produtor comercial de sementes de guaraná. O estado da Bahia é o líder no ranking da produção brasileira com 2.600 toneladas, e o Amazonas com uma produção de 855 toneladas, mesmo possuindo a maior área plantada, é o segundo maior produtor de guaraná (SILVA, 2016; ALMUDI e PINHEIRO, 2015; FAO, 2015).

Apesar do estado do Amazonas apresentar a segunda maior produção, o preço de comercialização da semente de guaraná da Bahia é menor (R\$ 12,50 Kg<sup>-1</sup>) em relação ao Amazonas (R\$ 21,13 Kg<sup>-1</sup>) (CONAB, 2017). Isso se deve, em grande parte, à comercialização direta da produção do guaraná amazonense com grandes indústrias de refrigerantes localizadas no Estado, as quais não adquirem o produto da Bahia, devido ao alto custo com transporte e encargos (ALBERTINO, 2011).

As condições edafoclimáticas existentes na Bahia são fatores que contribuem para o melhor desenvolvimento da planta e conseqüentemente, maior produtividade, como exemplo das condições favoráveis da Bahia, pode-se citar os bons índices de pluviosidade, chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, solos com maior fertilidade, e, sobretudo baixa incidência de pragas e doenças, além dos produtores baianos utilizarem a combinação de grandes áreas de monocultivo e irrigação, sem a ocorrência de pragas (Tripes) e doenças como Antracnose (NASCIMENTO FILHO, 2003; TAVARES et al. 2005; ALBERTINO, 2012).

No Estado do Amazonas, existem limitações que influenciam na produtividade no guaranazeiro, como: Problemas fitossanitários (ocorrência de pragas e doenças), envelhecimento dos guaranazais, e a carência de pesquisas voltadas para o ecossistema amazônico, sobre o uso correto do solo, manejo de coberturas vegetais e controle de plantas infestantes, além do alto custo dos insumos (ATROCH, 2009).

#### **4. Interferência das plantas infestantes na cultura do guaranazeiro**

As condições climáticas no Amazonas além de favorecerem o aparecimento de pragas e doenças, também propiciam o crescimento das plantas infestantes contribuindo para uma forte pressão competitiva com a cultura do guaranazeiro, obrigando o produtor a usar herbicida repetidas vezes para controlar as plantas indesejadas. Essas plantas ocorrem nas áreas cultivadas, de forma indesejada ou nociva e competem com as culturas por água, luz e nutrientes e ainda podem ser hospedeiras de insetos, patógenos e nematoides, o que ocasiona perdas consideráveis nos cultivos (ZIMDAHL, 2018).

A interferência nas plantas cultivadas pode ser direta (liberando compostos alelopáticos, e competindo por água, luz e nutrientes) ou indireta (hospedando pragas, interferindo na colheita ou na qualidade do produto agrícola, entre outros) (LIMA FILHO et al. 2014)

A interferência causada pelas plantas infestantes constitui um importante fator de limitação da produção do guaranazeiro. A competição principalmente pelos recursos do meio, entre as infestantes e a cultura pode promover significativas alterações na fisiologia da planta cultivada podendo comprometer seu crescimento, reduzindo drasticamente a produtividade e a qualidade dos frutos, além de aumentar substancialmente os custos de produção (PEREIRA e ARAÚJO, 2005; FONTES e ARRUDA, 2006).

Fontes (2010) relatou que a baixa produtividade registrada para o guaranazeiro no estado do Amazonas é resultante de diversos fatores, entre eles o inadequado manejo das plantas infestantes, que interferem negativamente com a cultura por meio da competição por fatores de crescimento e alelopatia. Nas áreas de cultivo do guaranazeiro no Amazonas a diversidade de espécies de plantas infestantes é elevada e com diferentes formas de dispersão e propagação (ALBERTINO et al. 2004).

#### 4.1. Métodos de controle de plantas infestantes

A capina manual e mecânica e a aplicação de herbicidas têm sido os métodos mais utilizados no manejo das plantas que infestam os cultivos (CHAUVEL et al. 2012). Em média, cerca de 20-30% do custo de produção de uma lavoura se deve ao custo do controle dessas plantas (SILVA et al. 2009). Segundo SOUZA (2003) a necessidade de mão de obra para o controle de plantas infestantes aumenta com a continuidade dos cultivos, tendo sido estimada em cerca de 40% dos custos totais de produção, na maioria das lavouras nos trópicos.

O controle mecânico, normalmente é de custo elevado e baixo rendimento, com necessidade de várias aplicações para se obter resultado satisfatório. A capina manual é um método de controle ainda feito em grande parte do mundo, no entanto, requer uma grande quantidade de mão de obra, e, portanto, difícil de ser aplicado em grande escala.

Tradicionalmente, o controle de plantas infestantes em guaranazais, no Estado do Amazonas, tem sido feito por meio de métodos mecânicos, como roçada com terçado (facão) ou capina com enxada. Apesar de existirem diversos trabalhos relatando a eficácia da utilização de herbicidas no controle de infestantes nesta cultura, não existem produtos registrados no Brasil para a aplicação em guaranazais, o que impossibilita sua recomendação para o controle de plantas infestantes em guaranazais (FONTES, 2006).

O manejo das plantas infestantes, feito de forma correta é ponto obrigatório quando se trata da segurança alimentar em todo o mundo. No entanto, a sustentabilidade desse manejo pelo método químico em longo prazo, também está enfrentando diversos desafios. O mais importante entre estes desafios é a evolução da resistência das plantas infestantes a herbicidas. Outro problema enfrentado está relacionado aos impactos negativos dos herbicidas sobre a saúde humana, animal e ambiental (JABRAN et al. 2015).

O manejo das plantas infestantes deve ser feito de forma a integrá-las como parte de um sistema, definindo o limiar de dano econômico da infestação e compreendendo os fatores que afetam o equilíbrio entre as infestantes e a cultura comercial (DAROLT e SKORA NETO, 2002). O uso de plantas de cobertura como alternativa à aplicação de

herbicidas no controle de plantas infestantes tem sido estudado, principalmente por aqueles que praticam agricultura sustentável.

## **5. Plantas de cobertura**

A utilização de uma mesma área por grandes períodos e uso contínuo das mesmas culturas perenes, aliados a uma movimentação intensa do solo e sem reposição adequada dos nutrientes retirados pela cultura, são fatores que limitam a manutenção da produtividade, levando a degradação dos agroecossistemas (ARRUDA, 2017).

Manejos inadequados do solo potencializam a mineralização da matéria orgânica, aumentando a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (SILVA, 2015). Porém, manejos com base na ciclagem de matéria orgânica podem aumentar significativamente os estoques de carbono ao longo do tempo (SOUZA et al. 2012).

As plantas de cobertura têm recebido expressiva atenção de pesquisas, pois constituem uma alternativa para o controle de plantas infestantes, por meio do sombreamento do solo inibindo a germinação de sementes de espécies que infestam os cultivos, principalmente na fase inicial de crescimento, além de fornecerem matéria orgânica ao solo e reduzir os problemas de erosão (QUEIROZ et al. 2010; VERONESE et al. 2012; ALBUQUERQUE et al. 2013).

As plantas de cobertura podem contribuir para a formação de uma camada de palha sobre o solo, aumentando a capacidade de ciclar nutrientes, diminuindo as perdas por lixiviação e beneficiando os cultivos com aumento da produtividade, sem elevar os custos de produção (BERTIN et al. 2005).

A introdução de plantas de cobertura e de cobertura morta nos cultivos são técnicas de manejo de plantas infestantes adotadas pelos agricultores e técnicos das regiões sul e sudeste, no entanto, pouco conhecidas e utilizadas na região norte (DAMASCENO, 2013).

A matéria orgânica do solo em sistemas tropicais é um componente de extrema importância, já que esses solos possuem avançado grau de intemperismo e baixa fertilidade natural (SILVA E MENDONÇA, 2007). Além do mais, o solo é o principal reservatório de carbono em ambiente terrestre, apresentando estoques superiores em relação à cobertura vegetal.

Por isso, a utilização de plantas de cobertura pode aumentar a produtividade do solo de forma sustentável e econômica, trazendo melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, aumento da matéria orgânica nos agrossistemas, controle de erosão e supressão das plantas infestantes (WUTKE et al. 2014; CARVALHO et al. 2014).

Determinadas espécies de plantas de cobertura são hábeis em reduzir o número de infestantes, outras em afetar sua produção de fitomassa, outras ainda possuem diferentes formas de liberação de aleloquímicos (ERASMO et al. 2004), o que torna de grande utilidade o desenvolvimento de pesquisa sobre as espécies que, em consórcio, produzirão maior interferência, tanto física quanto química, sobre a população de plantas infestantes.

O solo com cobertura vegetal possui inúmeras vantagens, além das mencionadas anteriormente, podendo ainda acrescentar-se, a manutenção ou o aumento dos teores de nutrientes, a proteção contra os impactos das chuvas, a retenção de água, o aumento da população de inimigos naturais pela manutenção da diversidade de espécies e ainda permite o trânsito de máquinas em épocas chuvosas, minimiza o uso de herbicidas, refletindo em menor custo de produção (NIENOW, 2006).

Dessa forma, a escolha adequada da espécie vegetal a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser considerados os fatores climáticos característicos de cada região, bem como o tipo de solo do cultivo (COSTA et al. 2015).

### **5.1 Características das plantas de cobertura**

A introdução de plantas de cobertura em um sistema de cultivo começa com a seleção das espécies vegetais de cobertura adequada, que depende do ambiente, do sistema de cultivo, e das preferências do agricultor (LEMESSA e WAKJIRA, 2015). Ao escolher uma planta de cobertura é importante conhecer sua adaptação para a região bem como sua habilidade para crescer em ambiente menos favorável. Deve-se também levar em consideração a produtividade de fitomassa, a disponibilidade de sementes, as condições do solo, à tolerância à déficit hídrico, a possibilidade de sua utilização

comercial e o potencial destas plantas como hospedeiras de pragas e doenças (ALVARENGA et al. 2001; BORGES et al. 2015).

As plantas utilizadas para cobertura do solo devem possuir características como: capacidade de produção de grande quantidade de matéria seca, elevada taxa de crescimento, resistência à seca e ao frio, não apresentar problemas de infestação às áreas agrícolas, facilidade de manejo, possuir sistema radicular vigoroso e profundo para melhor reciclar os nutrientes e elevada relação C/N (EMBRAPA, 1996).

Diversas espécies vegetais podem ser utilizadas como plantas de cobertura, porém, as leguminosas são as mais utilizadas. Todavia, é importante mencionar que as plantas de cobertura não se restringem unicamente ao uso dessas espécies, sendo outras famílias também utilizadas, como Poaceae e Cruciferae (MATHEIS et al. 2006).

A vantagem da utilização das leguminosas está no seu potencial de produção de fitomassa e sua capacidade de associar-se, por simbiose às bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, promovendo o enriquecimento desse nutriente em seus tecidos e fornecendo-o à cultura sucessora. Por possuírem elevada produção de fitomassa e relação C/N mais baixa, favorável à decomposição, as leguminosas, reduzem consideravelmente a necessidade da aplicação de nitrogênio via adubo químico (SILVA, 2002; SILVA et al. 2009).

As gramíneas são consideradas a melhor alternativa na associação com leguminosas comerciais. Elas apresentam maior volume de raízes que as leguminosas, proporcionando melhora na porosidade e agregação do solo, possuem relação C/N alta e com isso baixa taxa de decomposição, fornecendo proteção do solo por mais tempo, assim, proporcionam maior conservação de água e ciclagem de nutrientes, com menor variação na temperatura do solo, o que conseqüentemente diminui a evapotranspiração e aumenta a disponibilidade de nutrientes para a cultura sucessora (IGUE, 1984; SÁ, 1996; TORRES et al. 2014 ).

A escolha adequada da espécie vegetal a ser utilizada é importante, uma vez que devem ser considerados os fatores climáticos característicos de cada região e tipo de solo (COSTA et al. 2015).

Na escolha das plantas de cobertura a serem utilizadas, é necessário que elas atendam requisitos como potencial de produção de fitomassa, absorção e acúmulo de

nutrientes, ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas, além de melhorar a eficiência dos fertilizantes (ALBUQUERQUE et al. 2013).

### **Mucuna (*Mucuna deeringiana*)**

A mucuna-anã é uma espécie bem conhecida quanto às qualidades como planta de cobertura e adubação verde. É uma leguminosa anual de verão, de crescimento indeterminado tendo também a capacidade de fixar nitrogênio no solo. A produtividade de matéria seca situa-se entre 4,9 e 9,1, 22 ton/ha na região dos Cerrados (ALVARENGA et al, 2001).

### **Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)**

O feijão-de-porco é uma Leguminosa anual ou bianual herbácea, rústica, decrescimento inicial lento, ereto e hábito determinado (60 a 120 cm de altura), resistente a altas temperaturas e à seca. Tolerante a sombreamento parcial e a geada, adaptando-se a diferentes tipos de solo, inclusive solos pobres. Promotora de boa cobertura do solo, com efeito alelopático às infestantes (DAMASCENO, 2013).

É eficiente na cobertura do solo por apresentar efeito supressor e/ou alelopáticos de algumas plantas espontâneas. Produz até 25 t/ha de fitomassa verde (até 8 t/ha de fitomassa seca), podendo fixar biologicamente até 190 kg/ ha/ano de N (BORGES et al. 2014).

### **Braquiária (*Brachiaria ruziziensis*)**

A braquiária é uma espécie cujo desenvolvimento de parte aérea permite a cobertura total do solo, protegendo-o do efeito erosivo do impacto direto das gotas de chuva e, dessa forma, minimizando o selamento superficial. O seu sistema radicular fasciculado, forma uma malha que retém as partículas de solo e evita assim sua perda por erosão, permitindo sua conservação ao longo dos cultivos. As espécies de braquiária se destacam pela adaptação aos solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento e considerável produção de fitomassa e incorporam C, K e Mg (BARBER e NAVARRO, 1994; SANTOS et. al. 2014) proporcionando excelente cobertura vegetal do solo. Os

resíduos vegetais desta planta fornecem cobertura adequada do solo, contribuindo assim para ciclagem de nutrientes (COBUCCI et al. 2007; TEIXEIRA et al. 2014).

## **5.2 Efeitos das plantas de cobertura na supressão de infestantes**

Como forma de manejo sustentável das plantas infestantes têm-se recomendado a utilização de roçadas, rotação de culturas e adoção de consórcio com espécies que promovam a supressão das infestantes. No entanto, a eficiência desta prática depende, em grande parte, das espécies de infestantes, da frequência do corte e do estágio de desenvolvimento das plantas de cobertura (EYRE et al. 2011; VERONESE et al. 2012; LEMOS et al. 2013). Dependendo da espécie de cobertura e da quantidade de palhada existente sobre o solo, o controle das infestantes pode ocorrer devido à liberação de compostos alelopáticos e/ou pelo efeito físico da palhada, associado à ativação dos mecanismos de dormência ou com a formação de barreira física, impedindo a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo (GOMES JUNIOR e CHRISTOFFOLETI, 2008).

A formação de palhada pelas plantas de cobertura, além de trazer proteção ao solo, constitui-se em barreira física para a emergência das plântulas, criando situação desfavorável ao desenvolvimento das espécies infestantes e com isso não poderão competir com a cultura principal por água, luz e nutrientes. Assim, colaboram na redução do número de capinas e na utilização de herbicidas, diminuindo os custos de produção (FONTANÉTTI et al. 2004).

Por meio da alelopatia, esse controle se dá em função da liberação, de compostos no ambiente, capazes de inibir ou estimular o crescimento e/ou desenvolvimento de outras espécies de plantas (GLIESSMAN, 2001). Entretanto, a ação alelopática da cobertura morta sobre as plantas infestantes depende diretamente de fatores como a qualidade e quantidade do material vegetal depositado na superfície, do tipo de solo, da população microbiana, das condições climáticas e da composição de espécies da comunidade infestante (MONQUEIRO et al. 2009).

### 5.3 Velocidades de decomposição das plantas de cobertura

Na escolha da cobertura vegetal, a velocidade da sua decomposição se torna um fator importante no momento da sua escolha, visto que, quanto mais rápido os resíduos vegetais se decompõem, menor será a cobertura no solo (DAMASCENO, 2013).

Esta decomposição pode ser provocada pela elevada temperatura e umidade na região, com rápida metabolização pelos microrganismos do solo, sendo um processo biológico bastante rápido. Sem cobertura, o solo se adensa mais facilmente, retém menor quantidade de água, atinge facilmente altas temperaturas e fica mais suscetível à erosão, comprometendo o sistema (BERTIN et al. 2005; COLLIER et al. 2006).

A quantidade de palha sobre o solo é regulada por alguns fatores que devem ser considerados durante a escolha das plantas de cobertura: a relação C/N do material vegetal da palhada, a forma de manejo e a influência das condições climáticas, principalmente temperatura do ar e precipitação (ESPÍNDOLA et al. 2006; CARNEIRO et al. 2008).

Se o material em decomposição apresentar pouco nitrogênio (alta relação C/N), este provavelmente será o fator limitante ao crescimento da população microbiana, que em média, apresenta C/N igual a 10. Resíduos com uma relação C/N elevada (> 25) formam uma cobertura morta estável, que melhor contribui para a estruturação do solo e a proteção da superfície do impacto da chuva e da radiação solar (DAMASCENO, 2013).

Assim, podem-se agrupar as espécies em duas classes: uma de decomposição mais rápida (leguminosas) e outra de decomposição mais lenta (gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C/N próximo a 25/1, como referência de separação entre as duas famílias botânicas (ALVARENGA et al. 2008 ; COSTA et al. 2015).

Com a utilização de leguminosas ocorre um aumento no teor e disponibilidade de nitrogênio (N) no sistema através da fixação biológica, substituindo o fertilizante mineral e fornecendo nutrientes para as plantas por promover liberação sincronizada (LOPES et al. 2004; TORRES et al. 2008), entretanto, a baixa relação C/N condiciona pouca eficiência para cobertura do solo, devido à rápida degradação da palhada por microrganismos do solo (COSTA et al. 2015).

Na utilização de gramíneas, este material apresenta maior relação C/N, permanecendo mais tempo no solo, entretanto, durante a sua decomposição causa

imobilização de nutrientes, provocando diminuição da disponibilidade de alguns destes nutrientes para as culturas (TEIXEIRA et al. 2010).

Em estudo realizado por Ambrosano et al. (2009) na utilização de leguminosas como planta de cobertura, houve aproveitamento de 40% do N pela cultura subsequente, entretanto, com a utilização de gramíneas, como a relação C:N é maior, ocorreu competição pelo N entre a cultura sucessora e os microrganismos decompositores.

Na escolha das plantas de cobertura, espera-se não somente que a mesma apresente resistência à decomposição, mas também disponibilize a maior quantidade possível de nutrientes para a solução do solo, promovendo a proteção e ao mesmo tempo, favorecendo o desenvolvimento das culturas sucessoras ou intercaladas pela disponibilidade desses nutrientes (PACHECO et al. 2013).

Para avaliar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais há várias metodologias testadas, porém a maioria delas está baseada na incubação do material vegetal sobre o solo, em laboratório ou no campo. Entre estes métodos, está a avaliação da taxa de decomposição por meio do acondicionamento dos resíduos vegetais em sacolas de nylon, com malha de 2 mm de diâmetro. A partir deste acondicionamento avalia-se a perda de matéria, coletando-se as sacolas em intervalos ao longo de um período pré-determinado, obtendo-se a matéria de resíduos vegetais remanescentes, expressas em porcentagem da matéria inicial (SCHUNKE, 1998).

#### **5.4 Acúmulo e liberação de nutrientes**

A inserção de plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes nos guaranazais também pode ser uma estratégia para aumentar a sustentabilidade do sistema, reduzindo a entrada externa de fertilizantes minerais e promovendo maior dinâmica na ciclagem de nutrientes, na atividade microbiológica e na proteção física do solo, pois as plantas de cobertura, utilizadas na formação de palhada tem papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados pelos fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas comerciais, quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (TORRES et al. 2008).

Com a utilização de plantas de cobertura é possível também repor nutrientes que estavam sendo perdidos no sistema, disponibilizando-os à cultura principal, uma vez que

as plantas de cobertura absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial, pela decomposição dos seus resíduos (DUDA et al. 2003).

Em solos protegidos por cobertura vegetal, as menores amplitudes de variação térmica se traduzem por menor evaporação e maior conteúdo de água, favorecendo o aproveitamento mais eficiente dos nutrientes disponíveis pelas culturas sucessoras (BRAZ et al. 2010).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINO, S. M. F. et al. Composição florística das plantas infestantes na cultura de guaraná (*Paullinia cupana*), no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 351-358, 2004.

ALBERTINO, S. M. F. **Adubação, níveis crescentes de irradiância nas plantas matrizes e uso do AIB nas estacas para o enraizamento de cultivares de guaranzeiro (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*, (Mart.) Ducke)**. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2011. 95 f.

ALBERTINO, Sônia Maria Figueiredo et al. Rooting of guarana cultivar cuttings with fertilization of matrix plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1449-1454, 2012.

ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; FILHO, G. M.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. R.; M. Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013.

ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Green manuring in the recovery of the fertility of an Oxisol dark red degraded. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALMUDI, T; PINHEIRO, J.O.C. **Dados estatísticos da produção agropecuária e florestal do Estado do Amazonas: ano 2013**. Brasília- DF: EMBRAPA. 2015. 105f.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; MURAOKA, T.; GUIRADO, N.; ROSSI, F. Nitrogen supply to corn from sun hemp and velvet bean green manures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 386-394, 2009.

ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 963-978, 2012.

ANGELO, P.C.S. et al. Padrões de florescimento de clones de guaranazeiro. **In:** Pereira, J.C.R.; Arruda, M.R. (Eds.). Pesquisa com guaranazeiro na Embrapa Amazônia Ocidental: status atual e perspectivas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. p. 244-250, 2007.

ÂNGELO, P. C. S. Guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*), an anciently consumed stimulant from the Amazon rain forest: the seeded-fruit transcriptome. **Plant cell reports**, v. 27, n. 1, p. 117-124, 2008.

ÂNGELO, P.C.S. et al. Indução de *calli* em explantes de guaranazeiro visando a embriogênese somática. **Revista Brasileira de Agrociências**, 16(0):133-137. 2010.

AREVALO, L.A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L.J.M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Embrapa Florestas, Documentos, 73. 41p. 2002.

ARF, O.; SILVA, L. S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. Effects on wheat crop rotation with corn and green manure in the presence and absence of nitrogen. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 323-334. 1999.

ARRUDA, E. M. et al. **Atributos químicos do solo e desempenho de culturas em rotação ou consórcio com plantas de cobertura em sistema agroflorestal**. Tese - (Doutorado em Agronomia) - Universidade federal de Goiás, Goiânia. 2017.

ARRUDA, M. R. et al. Enraizamento de estacas herbáceas de clones de guaranazeiro em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 236-241, 2007.

ATROCH, A. L. **Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) utilizando caracteres morfo-agronômicos**. 2009, 72 p. Tese (Doutorado em Genética) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, Manaus, 2009.

BARBER, R. G.; NAVARRO, F. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops in a soil rehabilitation trial. **Land Degradation & Rehabilitation**, v. 5, n. 3, p. 201-214, 1994.

BARROS, D. A.; GUIMARÃES, J. C. C.; PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C.; SILVA, R. A.; PEREIRA, A. A. S. Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 65, n. 1, p. 127-133, 2012.

BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BAVOSO, M. A.; SILVA, A. P.; FIGUEIREDO, G. C.; TORMENA, C. A.; GIAROLA, N. F. B. Resiliência física de dois latossolos vermelhos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1892-1904, 2012.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p. 555-560, 2001.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, p.363-375, 1986.

BORGES, A. L.; XAVIER, FA da S.; DE CARVALHO, J. E. B. Plantas melhoradoras do solo para fruteiras tropicais. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**.

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S. D.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E. D.; ALVES, M. C. Plantas de cobertura para o noroeste do estado de São Paulo. **Ciência Rural**, 45(5), 799-805, 2015.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. Produtividade de palhada de plantas de cobertura. In: SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Plantas de cobertura dos solos do cerrado**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. v. 1, cap. 1. p. 11-44.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, N total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronosequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 621-632, 2008.

CARVALHO, A.M. de; BUSTAMANTE, M.M.C da; ALMONDES, Z.A.P.do; FIGUEIREDO, C.C. de. Forms of phosphorus in an oxisol under different soil tillage systems and cover plants in rotation with maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 972-979, 2014.

CEPAGRO. Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: [http://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa\\_201501.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201501.pdf). Acesso em: 08 ago. 2017

CERVIERI Junior et al. O setor de bebidas no Brasil-BNDS. BNDES Setorial 40, p. 93-130. 2014.

CHAUVEL, Bruno et al. History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: Changes and evolution of herbicide molecules. **Crop protection**, v. 42, p. 320-326, 2012.

COBUCCI, T.; WRUCK, F. J.; KLUTHCOUSKI, J.; CAVALCANTE, L. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; CARNEVALLI, R. A.; TEIXEIRA, S. R.; POLINÁRIA, A.; TEIXEIRA, M. Opções de integração lavoura pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v.28, p.64-79, 2007.

COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1100-1105, 2006.

CONAB. **Conjuntura mensal: Guaraná**. CONAB. 01-31/01/2017. 2017. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_02\\_13\\_15\\_29\\_28\\_castanha\\_de\\_caju\\_janeiro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_13_15_29_28_castanha_de_caju_janeiro_2017.pdf) Acesso em: 02 mar. 2017.

CORRÊA, M. P. F. **Caracteres quantitativos e qualitativos para a descrição morfológica do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)**. Tese (Doutorado em Botânica). Manaus, INPA/FUA, 186 p., 1990.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015.

DALCHIAVON, F. C.; DAL BEM, E. A.; SOUZA, M. F. P.; RIBEIRO, R.; ALVES, M. C.; COLODRO, G. Atributos físicos de um latossolo vermelho distrófico degradado em

resposta à aplicação de biossólidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v. 8, n. 2, p. 205-210, 2013.

DAMASCENO, L. A. **Crescimento e períodos de decomposição de plantas de cobertura e seus efeitos sobre a supressão de plantas infestantes no Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2013. 55 f.

DAROLT, M. R.; SKORA NETO, F. Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, n. 70, p. 28-31, 2002.

DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.287-293, 1989.

DUDA, Gustavo Pereira et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.

ELTZ, F.L.P.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.259–267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja: Recomendações técnicas para o Mato Grosso do Sul e Matogrosso**. Dourados: EMBRAPA / CPAD / Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1996. 157 p. (Circular Técnica 3).

ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas infestantes. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 415-420, 2006.

EYRE, M. D. et al. Crop sequence, crop protection and fertility management effects on weed cover in an organic/conventional farm management trial. **European Journal of Agronomy**, v. 34, n. 3, p. 153-162, 2011.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Perspectivas Agrícolas no Brasil: Desafios da agricultura brasileira 2015-2024, v. 2, p. 1-50, 2015.

FIGUEROA, A. L. G. Guaraná, the time machine of the Sateré-Mawé. Boletim do **Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 11, n. 1, p. 55-85, 2016.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G.J. de; MORAIS, A.R. de; ALMEIDA, K. de; DUARTE, W.F. Adubação verde no controle de plantas infestantes nas culturas de alface americana e de repolho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.5, p.967-973, 2004.

FONTES, J. R. A.; DE ARRUDA, M. R. Manejo integrado de plantas infestantes em guaranazais. **Embrapa Amazônia Ocidental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006.

FONTES, José Roberto Antonioli; SANTOS, Lucio Pereira. Modificação da composição florística da comunidade de plantas infestantes em guaranazal submetido à correção da fertilidade do solo. In: **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

GAMA, L. A. **Inoculação de rizobactérias em sementes e plântulas para produção de mudas de guaranazeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2015. 55 f.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 637p.

GOMES JÚNIOR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas infestantes em áreas de plantio direto. **Planta daninha**, v.26, n.4, p.103-108, 2008.

GUIMARÃES, L. A. O. P. **Atributos físicos de um substrato formado pela deposição de rejeito de beneficiamento de bauxita após uma década de recuperação ambiental**. 2010. 75p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, janeiro 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro v.29 n.1 p.1-78, janeiro. 2016. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa\\_201601.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201601.pdf). Acesso em: 14 de agosto de 2017

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: **Adubação verde no Brasil**. Fundação Cargill: Campinas, 1984. p. 232-267.

JABRAN, Khawar et al. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, v. 72, p. 57-65, 2015.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. **Aggregate stability and size distribution**. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.425-442. (Agronomy, Monogr., 9).

KRUG, C.; GARCIA, M.V.B.; GOMES F.B. A scientific note on new insights in the pollination of guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) **Apidologie**, v. 46, p. 164-166, 2015.

KURI, C.M.B. The guaraná industry in Brazil. **International Business and Economics Research Journal**, v. 7, p. 87-98, 2008.

LAFLEN, J. M.; COLVIN, T. S. Effect of crop residue on soil loss from continuous row cropping. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 605-0609, 1981.

LEMESSA, F.; WAKJIRA, M. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, 18(2), 123-135, 2015.

LEMOS, L. M. C. Management of *Bidens pilosa* and *Commelina benghalensis* in organic corn cultivation under no-tillage. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 351-357, 2013.

LICHTENTHALER, H.; WELLBURN, A. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, London, n. 603, p. 591-592, 1983.

LIMA FILHO, O. F. et al. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Capítulos 1-13**. Embrapa, 2014.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LUNGUINHO, L.G., **Padrão do florescimento em clones de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)**. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus-AM, p. 85, 2007.

MARQUES, L. L. M. et al. Guaraná (*Paullinia cupana*) seeds: Selective supercritical extraction of phenolic compounds. **Food chemistry**, v. 212, p. 703-711, 2016.

MARTINS, M. V.; PASSOS, E.; CARVALHO, M.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Correlação linear e espacial entre a produtividade do feijoeiro e atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 31, n. 1, 147-154, 2009.

MATHEIS, HASM; AZEVEDO, FA de; VICTÓRIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas infestantes na cultura de citros. **Laranja, Cordeirópolis**, v. 27, n. 1, p. 101-110, 2006.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, p. 173-180, 2004.

MICHILES, R.J. **A cadeia produtiva do guaraná: um estudo com o guaraná no município de Maués**. Tese. (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010. 54f.

MIRANDA, M.V.; METZNER, B.S. *Paullinia cupana*: Revisão da matéria médica. **Revista de Homeopatia**, v. 73, p. 1-17, 2010.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas infestantes. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.1, p.85- 95, 2009.

NASCIMENTO FILHO, F. J. **Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade, estabilidade e repetibilidade em clones de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)**. 2003. 199 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NIENOW, A. A. Manejo do Solo na Cultura da Laranjeira. In: KOLLER, O. C. (org.). **Citricultura: 1. Laranja: Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Industrialização e Comercialização**. Editora Cinco Continentes. Porto Alegre – RS, 2006. p155-180.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1228-1236, 2013.

PASSOS, L.P. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1996.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.3, v. 32, p. 911-920, 2008.

PEREIRA J. C. R. **Pesquisa com Guaranazeiro na Embrapa Amazônia Ocidental: status atual e perspectivas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. p. 244-250.

PEREIRA, JCR et al. Avaliação da estabilidade fenotípica e da previsibilidade da resistência em clones de guaranazeiro a *Colletotrichum guaranicola*. **Embrapa Amazônia Ocidental-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2005. Manaus: EMBRAPA-CPAA. 204p. (Biblioteca Botânica Brasileira, 1).

PIGNARO NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.

PIRES, L.F.; ROSA, J.A.; TIMM, L.C. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 33, n. 1, p. 161-170, 2011.

POLO, S.H.O. **Estrutura e desenvolvimento de sementes de *Paullinia L.* (Sapindaceae)**. 2006. 118 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas – SP.

QUEIROZ, L. R; GALVÃO, J. C. C; CRUZ, J. C; OLIVEIRA, M. F; TARDIN, F. D. Supressão de plantas infestantes e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

REICHARDT, K. TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2008.

RENA, A.B.; MASCIOTTI, G.Z. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v.23, p.288-301, 1976.

SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto.** 1996. 24 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Passo Fundo, 1996.

SAI, E. F. et al. Endophytic fungi from the Amazonian plant *Paullinia cupana* and from *Olea europaea* isolated using cassava as an alternative starch media source. **Springer plus**, v. 2, 2013.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 45, 1998. p. 41-42.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1171-1178, 2012.

SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto *versus* convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos das culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.449-454, 1995

SANTOS, I.L.D.; CAIXETA, C.F.; SOUSA, A.A.T.C.D.; FIGUEIREDO, C. C., RAMOS, M. L. G.; CARVALHO, A. M. D. Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under no-tillage in the cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38(6), 1874-1881, 2014.

SCHIMPL, F. C., DA SILVA, J. F., GONÇALVES, J. F.C., MAZZAFERA, P. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p. 14-31, 2013.

SCHIMPL, F.C.; KIYOTA, E. ; MAYER, J.L.S.; GONCALVES, J.F.C.; SILVA, J.F.; MAZZAFERA, P. Molecular and biochemical characterization of caffeine synthase and purine alkaloid concentration in guarana fruit. **Phytochemistry**, v. 105, p. 25-36, 2014.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximun***. 1998. 88 f. Tese (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

SILVA, F. M. L. et al. Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. **Revista Trópica**, v.3, n.2, p.61-72, 2009.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.275-374, 2007.

SILVA, JAA da et al. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja-Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 225-230, 2002.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1.504-1.512, 2009.

SILVA, V. M. et al. Estoques de Carbono e Nitrogênio e Densidade do Solo em Sistemas de Adubação Orgânica de Café Conilon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1436-1444, 2015.

SILVA, M. C. S. et al. Endophytic cultivable bacterial community obtained from the *Paullinia cupana* seed in Amazonas and Bahia regions and its antagonistic effects against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Microbial pathogenesis**, v. 98, p. 16-22, 2016.

SOUSA, Gladys Ferreira; DE OLIVEIRA, Luiz Antonio; DA SILVA, José Ferreira. Plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo (Amazonas, Brasil). **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2003.

SOUZA, Jacimar Luis et al. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia (Arica)**, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2012.

SOUZA, A. G. C. et al. 1996. **Fruteiras da Amazônia**. Brasília: EMBRAPASPI/;

SOUZA, A.L., 2010. **Análise proteômica de semente e pericarpo de guaraná em diferentes estádios de maturação.** Universidade Federal do Amazonas - UFAM., Manaus, p. 140.

STEFFENS, D. P. et al. Lichtabhaengigkeit der phytolakkumulation. Ein Beitrag zur Frage der Chlorophyll biosynthese. **Planta**. v. 130, p.151-158, 1976.

TAVARES, A.M.; ATROCH, A.L.; NASCIMENTO FILHO, F.J.; PEREIRA, J.C.R.; ARAÚJO, J.C.A.; MORAES, L.A.C.; SANTOS. L.P.; GARCIA, M.V.B.; ARRUDA, M.R.; SOUZA, N.R., ANGELO, P.C.S. **Cultura do Guaranazeiro no Amazonas.** Sistema de produção 2. Embrapa. 4. Ed. Pereira, J.C.R. Editor Técnico. Novembro, 2005.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985, 188p. (Boletim técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto, solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 497-505, 2010.

TEIXEIRA, R.A.; SOARES, T.G.; FERNANDES, A.R.; BRAZ, A. M. D. S. Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. **Acta Amazonica**, 44(4), 411-418, 2014.

THOMAS, Richard J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 117-125, 2014.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. Acesso em: 14 de agosto de 2017. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Levantamento fitossociológico em pastagens degradadas sob condições de várzea. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds I- Preparation of fiber residues of low nitrogen. **Journal of the Association Official Agricultural Chemists**, v. 46, n. 5, p. 825-29, 1963.

VERONESE, M; FRANCISCO, E. A. B; ZANCANARO, L; ROSOLEM, C. A. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.8, p.1158-1165, ago. 2012.

VILLEGAS, E.; ORTEGA, E.; BAUER, R. **Métodos químicos usados enel CIMMYT para determinar lcalidad de proteína de los cereales**. Cidade do México, DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Mays y trigo, 1985.

WUTKE, E.B.; TRANI, P.E.; AMBROSANO, E.J. et al. Adubação verde no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico. 89p. **Boletim Técnico**, 249, 2009.

ZIMDAHL. **Fundamentos da ciência das plantas infestantes**. Academic Press. San Diego, CA, EUA. 2013.

## CAPÍTULO I

### LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO E ANÁLISE DE COBERTURA DO SOLO NA SUPRESSÃO DE PLANTAS INFESTANTES EM PLANTIO DE GUARANAZEIRO

#### RESUMO

O guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) é uma espécie nativa da floresta amazônica, cujo valor comercial está em suas sementes, apresentando alto teor de cafeína (2,5 a 6%). No entanto, alguns fatores podem levar a baixa produtividade do guaraná, dentre eles, a interferência das plantas infestantes. Uma alternativa ao controle de plantas infestantes é o uso de culturas de cobertura. O objetivo deste estudo foi determinar a composição florística de plantas infestantes na cultura do guaraná, utilizando plantas de cobertura, bem como avaliar a produção de fitomassa, a taxa de cobertura do solo e o potencial de plantas de cobertura para a supressão de plantas infestantes. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2, com 4 tratamentos e 4 repetições: *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna deeringiana* e o tratamento sem controle de plantas infestantes, avaliadas em dois anos agrícolas (2017 e 2018). *Digitaria horizontalis* foi a planta infestante mais importante, tendo sido suprimida integralmente apenas pela *Brachiaria ruziziensis*. A cultura de cobertura que apresentou maior taxa de cobertura do solo, produção de biomassa e supressão de plantas infestantes na cultura do guaraná foi a *Brachiaria ruziziensis*.

**Palavras chave:** plantas daninhas, resíduos vegetais, cobertura vegetal.

## CHAPTER I

### PHYTOSOCIOLOGICAL SURVEY AND ANALYSIS OF SOIL COVERAGE IN THE SUPPRESSION OF INFESTANT PLANTS IN GUARANAZEIRO PLANT

#### ABSTRACT

Guarana (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis*) is a native species to Amazon forest, whose commercial value is in its seeds, presenting high caffeine content (2.5 to 6%). However, some factors may lead to low productivity of guarana, among them, the weed interference. An alternative to weed control is the use of cover crops. The objective of this study was to determine the floristic composition of weeds in guarana crop using cover crops as well as to evaluate the biomass production, the soil cover rate and the cover crops potential for weed suppression. The experimental was arranged in a randomized complete block design in a 4 x 2 factorial scheme with 4 treatments and 4 replications: *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna deeringiana*, and untreated - without weed control, evaluated in two agricultural years (2017 and 2018). *Digitaria horizontalis* was the most important weed, having been suppressed integrally only by the *Brachiaria ruziziensis*. The cover crop that presented the highest soil coverage rate, biomass production and suppression of weed in guarana crop was the *Brachiaria ruziziensis*.

**Key words:** weeds, vegetable residues, vegetal cover

## INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) é uma espécie nativa da Amazônia, pertencente à família Sapindaceae, cujo valor comercial está em suas sementes que após secas, dão origem a um produto comercial com alto teor de cafeína (2,5 a 6%), o que equivale a cerca de 2 a 5 vezes mais que o teor existente em sementes de café. Devido as suas características medicinais e energéticas, o guaraná tornou-se matéria prima importante para a indústria de bebidas, de fármacos e cosmética, no Brasil (SOUZA et al. 2010; MIRANDA e METZNER, 2010; SCHIMPL, 2013; MARQUES, 2016).

Entretanto, alguns fatores podem levar a baixa produtividade do guaranazeiro no estado do Amazonas, entre eles, a interferência causada pelas plantas infestantes constitui-se em um grande entrave. Essas plantas ocorrem nas áreas cultivadas, de forma indesejada ou nociva, competem com as culturas por água, luz, nutrientes e ainda podem ser hospedeiras de insetos, patógenos e nematoides, o que ocasiona perdas consideráveis nos cultivos (FONTES, 2010; ZIMDAHL, 2013). Em áreas cultivadas com guaranazeiro no Amazonas, a diversidade de espécies de plantas infestantes é elevada e essas apresentam diferentes formas de dispersão e propagação (ALBERTINO et al. 2004).

A identificação da comunidade infestante de uma lavoura é o primeiro procedimento na adoção do manejo. No entanto, não basta apenas conhecer a composição florística da área, se faz necessário estudar parâmetros importantes como frequência, densidade e abundância dessas espécies dentro da comunidade, para a tomada de decisão sobre as práticas a serem integradas no manejo (OLIVEIRA & FREITAS, 2008).

As plantas de cobertura têm recebido expressiva atenção de pesquisas, pois, constituem alternativa para o controle das infestantes, por meio do sombreamento do solo inibindo a germinação de sementes de espécies que infestam os cultivos e que poderão competir com a cultura principal. As plantas de cobertura promovem reduções do número de capinas e da utilização de herbicidas, diminuindo os custos de produção, principalmente na fase inicial dos cultivos, além de fornecerem matéria orgânica ao solo e reduzirem problemas de erosão (FONTANÉTTI et al. 2004; QUEIROZ et al. 2010; VERONESE et al. 2012; ALBUQUERQUE et al. 2013).

Entre as características desejáveis das plantas de cobertura, estão o rápido estabelecimento inicial e a eficiência na cobertura do solo. Dessa forma, as quantificações desses parâmetros tornam-se de grande importância para as pesquisas que estudam o potencial de supressão de plantas infestantes, com plantas de cobertura (LIMA et al. 2015).

A persistência da cobertura vegetal morta pode ser avaliada através da variação temporal da porcentagem de cobertura do solo por resíduos culturais (ALVES, 1998). Segundo Brown (1954), para amostragem de vegetação, visando à análise e à determinação da composição botânica em parcelas definidas, as unidades básicas podem ser áreas, linhas ou pontos. De maneira geral, os resultados obtidos com tais métodos são expressos em termo de frequência de eventos ocorridos. Esse autor definiu frequência como sendo a relação entre o número de unidades de amostragem na qual as espécies estão presentes e o número total de unidades de amostragem. Outra técnica bastante usada é a utilização de fita métrica ou corda (intercepto ou transecto de linha), com marcas a cada 5 ou 10 cm para leitura da presença ou ausência de cobertura vegetal sobre o solo (BROWER; ZAR, 1984).

Nesse contexto, objetivou-se determinar a composição florística das plantas infestantes em plantio de guaranazeiro com plantas de cobertura, assim como, avaliar a produção de fitomassa, a taxa de cobertura do solo e o potencial de supressão das plantas de cobertura sobre as infestantes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em plantio comercial de guaranazeiro, localizado na fazenda pertencente à empresa Agropecuária Jayoro Ltda, município de Presidente Figueiredo – Amazonas, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 01° 96' 04" S e Longitude: 60° 14' 37" W, nos anos agrícolas de 2017 e 2018. O solo foi classificado como latossolo amarelo distrófico, a precipitação pluviométrica média anual no período das avaliações foi de 2.500 mm, a temperatura média de 35° C e altitude de 122 m.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos, em esquema fatorial 4 x 2. Os fatores em estudo foram três espécies de cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*) mais

uma testemunha com plantas infestantes (ausência de plantas de cobertura) avaliados em dois anos agrícolas (2017 e 2018), com quatro repetições. A unidade experimental foi formada por uma área de 12.000 m<sup>2</sup> com 480 plantas de guaraná, distribuídas em 32 parcelas, contendo 15 plantas por parcela e três destas utilizadas como plantas úteis.

Após a demarcação dos blocos e antes da semeadura das plantas de cobertura foi realizado o levantamento da composição florística e fitossociológica das plantas infestantes. Esse foi realizado por meio do método do amostrador com dimensões de 0,50 m x 0,50 m lançados duas vezes por parcela nas plantas infestantes, entre a linha onde seria implantada a planta de cobertura e a linha de plantio do guaranazeiro, sempre na direção da terceira planta de guaraná.

As plantas infestantes foram transportadas em sacos plásticos identificados, de acordo com os tratamentos/repetições onde foram coletadas, levadas para o laboratório de plantas infestantes da Universidade Federal do Amazonas, para então procederem suas identificações, segundo família, gênero e espécie, contagem de indivíduos por espécie e peso da matéria seca. Após obtenção dos dados de densidade e matéria de matéria seca foram calculadas a densidade, frequência e abundância relativas e índice de valor de importância pelas fórmulas propostas por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), em que: Frequência Absoluta (Fre) = número de parcelas que contêm a espécie/número total de parcelas utilizadas; Densidade Absoluta (Den) = número total de indivíduos por espécie/área total coletada; Abundância Absoluta (Abu) = número total de indivíduos por espécie/número total de parcelas que contêm a espécie; Frequência Relativa (Frr) = frequência da espécie x 100/frequência total de todas as espécies; Densidade Relativa (Der) = densidade da espécie x 100/densidade total de todas as espécies; Abundância Relativa (Abr) = abundância da espécie x 100/abundância total de todas as espécies e o Índice de Valor de Importância (IVI) = Frr + Der + Abr.

Esses parâmetros também foram calculados ao final do ciclo das plantas de cobertura durante os dois anos agrícolas, que ocorreu em janeiro de 2018 (ano agrícola 2017) e novembro de 2018 (ano agrícola 2018).

O preparo da área foi realizado com gradagem leve e correção de acidez conforme resultados das análises do solo, sendo aplicados 3,35 ton ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico

(PRNT 91%) e adubação fosfatada, usando superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para atender as recomendações das plantas de coberturas.

As espécies utilizadas como plantas de cobertura foram semeadas nas seguintes densidades: *Brachiaria ruziziensis* - 9 kg ha<sup>-1</sup>, *Canavalia ensiformis* - 135 kg ha<sup>-1</sup>, *Mucuna deeringiana* - 80 kg ha<sup>-1</sup>. A semeadura da espécie *Brachiaria ruziziensis* foi realizada a lanço nas linhas e entrelinhas das parcelas, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana* foram semeadas a 2 cm de profundidade com espaçamento de 10 cm entre cada semente, em duas fileiras com espaçamento de 0,50 m entre as mesmas.

As avaliações da percentagem de cobertura do solo ocorreram no período de floração das espécies de cobertura e foram realizadas por meio do método da transecção linear, conforme descrito por Laflen et al. (1981). Para isso utilizou-se uma corda com marcação de 100 intervalos, espaçados de 0,10 m, somando 10 m de comprimento. A corda foi estendida aleatoriamente na diagonal de cada parcela, em dois pontos, sendo contados os intervalos que apresentavam planta de cobertura ou planta infestante, por meio de análise visual, para obtenção da porcentagem de cobertura do solo.

Aos 90 dias após a semeadura, período considerado a média de floração das coberturas, em cada parcela foram coletadas ao acaso, amostras da fitomassa das plantas de cobertura e das infestantes no tratamento controle das infestantes, usando-se um amostrador com 0,12 m<sup>2</sup> de área, perfazendo 0,24 m<sup>2</sup> de área amostral por parcela, em todos os tratamentos. Em seguida, as amostras foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até peso constante. Posteriormente, o material foi pesado para a estimativa da matéria seca, e esta, extrapolada para 1 ha, sendo os resultados apresentados em kg/ha.

Os dados de fitomassa das plantas de cobertura e das plantas infestantes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No primeiro levantamento fitossociológico realizado em toda a área, antes da instalação do experimento, foram registrados 3.304 indivíduos, distribuídos em 22

espécies de plantas infestantes, pertencentes à 10 famílias botânicas. A Poaceae foi a família mais representativa, com seis espécies, seguida pela Asteraceae com quatro espécies (Tabela 1).

**Tabela 1.** Parâmetros fitossociológicos das plantas infestantes em área sob plantio de guaranazeiro, antes da implantação das espécies de cobertura do solo. Presidente Figueiredo-AM, 2017.

Espécie	Família	Classe	freq rel	dens rel	abund rel	IVI
<i>Axonopus fissifolius</i>	Poaceae	M	15,23	33,35	16,76	65,3
<i>Spermacoce latifolia</i>	Rubiaceae	D	17,13	23,55	10,52	51,2
<i>Paspalum paniculatum</i>	Poaceae	M	15,23	16,59	8,34	40,1
<i>Digitaria horizontalis</i>	Poaceae	M	10,47	7,54	5,51	23,5
<i>Spermacoce verticillata</i>	Rubiaceae	D	0,95	1,51	12,17	14,6
<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	M	2,86	3,06	8,19	14,1
<i>Praxelis pauciflora</i>	Asteraceae	D	3,81	3,27	6,57	13,6
<i>Paspalum mandiocanum</i>	Poaceae	M	5,71	3,15	4,22	13,0
<i>Acanthospermum australe</i>	Asteraceae	D	6,66	1,48	1,70	9,85
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Euphorbiaceae	D	3,81	1,66	3,35	8,82
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Poaceae	M	0,95	0,76	6,08	7,79
<i>Paspalum multicaule</i>	Poaceae	M	2,86	1,33	3,57	7,76
<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae	D	2,86	0,91	2,43	6,20
<i>Conyza canadenses</i>	Asteraceae	D	1,90	0,82	3,29	6,01
<i>Cleome affinis</i>	Capparaceae	D	0,95	0,30	2,43	3,69
<i>Alternanthera tenella</i>	Amarantaceae	D	1,90	0,12	0,49	2,51
<i>Turnera ulmifolia</i>	Turneraceae	D	1,90	0,12	0,49	2,51
<i>Cyperus iria</i>	Cyperaceae	M	0,95	0,15	1,22	2,32
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	D	0,95	0,09	0,73	1,77
<i>Commelina benghalensis</i>	Commelinaceae	D	0,95	0,09	0,73	1,77
<i>Croton lobatos</i>	Euphorbiaceae	D	0,95	0,09	0,73	1,77
<i>Solanum paniculatum</i>	Solanaceae	D	0,95	0,06	0,49	1,50

M=monocotiledôneas; D= dicotiledôneas; freq rel = frequência relativa; dens rel = densidade relativa; abund rel = abundância relativa; IVI = Índice de valor de importância.

Em relação à classe, houve predominância de dicotiledôneas com 63,64% do total das plantas identificadas, abrangendo 14 espécies, representadas por oito 8 famílias, enquanto as monocotiledôneas (36,36 %) foram representadas por duas famílias e oito espécies. Estes resultados estão de acordo com outras pesquisas realizadas na região amazônica, onde também foram encontrados maiores números de espécies pertencentes às dicotiledôneas (SOUZA et al. 2003; ALBERTINO et al. 2004; MILEO et al. 2016). Apesar das monocotiledôneas representarem menor percentual de espécies na composição da comunidade infestante, o número de seus indivíduos foi maior (Tabela 1).

As infestantes das famílias Poaceae e Asteraceae apresentaram os maiores números de espécies, sendo que ambas também já foram relatadas como as mais encontradas nos guaranazais do Amazonas (Albertino et al. 2004). Índices parecidos também foram encontrados em áreas de cultivo de girassol (ADEGAS et al. 2010), cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al. 2008), soja (SANTOS et al. 2016), milho (OLIVEIRA et al. 2014) e pimentão (CUNHA et al. 2014), revelando sua grande ocorrência como infestantes de várias culturas agrícolas.

A família Poaceae é considerada bastante representativa em termos de espécies infestantes, as quais são conhecidas por produzir grandes quantidades de sementes, o que facilita a disseminação (ERASMO et al. 2004; DUARTE, 2018; WELKER et al. 2007).

As espécies da família Poaceae apresentam o ciclo C4 de fixação de carbono, o que confere a essa família, altas taxas fotossintéticas, quando estão em condições de elevadas temperaturas e luminosidade (FERREIRA et al. 2014). Essas condições são condizentes com as registradas durante a condução do experimento, em Presidente Figueiredo, onde a temperatura média anual foi em torno de 34° C.

Enquanto as espécies de Poaceae, em geral, apresentam altas taxas de cobertura, as Asteraceae, geralmente crescem em menor densidade (BOLDRINI et al. 2009), porém, apresentam rápida disseminação pelo vento, facilitando seu crescimento em áreas abertas. Essa estratégia de disseminação de propágulos favorece principalmente sua característica de colonização agressiva, resultando na inibição do crescimento de outras espécies (KISSMANN e GROTH et al. 1999; GROMBONE-GUARANTINI E RODRIGUES, 2002).

Os valores atribuídos à densidade, frequência e abundância das espécies infestantes são ferramentas eficazes em uma avaliação fitossociológica, pois, geram o índice de valor de importância (IVI) de cada espécie, dentro do ecossistema agrícola (AMORIM DA SILVA et al. 2018).

Em relação às espécies, o maior IVI foi obtido por *Axonopus fissifolius* (65,34%), isso devido, principalmente, aos altos valores encontrados na sua densidade (Tabela 1). *A. fissifolius* é uma espécie considerada cespitosa, podendo apresentar estolões, com colmos que variam de 15 a 120 cm de altura, sendo simples, ou às vezes, ramoso próximo

à base (SMITH et al. 1982). O gênero *Axonopus* compreende plantas geralmente perenes, raramente anuais, estoloníferas ou rizomatosas e rasteiras (SALARIATO et al. 2011; GIRALDO-CAÑAS, 2014).

Em levantamentos fitossociológicos realizados em duas safras de plantio de mandioca conduzidas no estado do Amazonas, revelaram que a espécie *Axonopus affinis* foi a mais importante na área. No mesmo trabalho, a família Poaceae foi representada pelas espécies *A. fissifolius* e *Homolepis aturensis* (MILÉO et al. 2016), confirmando a predominância do gênero em regiões de clima tropical ou tropical úmido, a exemplo do local onde foi realizado esse trabalho.

A espécie *Spermacoce latifolia* foi a segunda de maior importância, com IVI igual a 51,20 %. Conhecida popularmente por erva-quente, é uma planta anual, herbácea, prostrada ou ascendente, com reprodução por sementes pequenas e leves, produzidas em abundância pela planta e que infestam principalmente lavouras anuais, cafezais, pomares e terrenos baldios. Expressa melhor desenvolvimento em solos ácidos, tolerando certo grau de sombreamento (LORENZI, 2000; KISSMANN e GROTH, 2000; RAMIRES et al. 2011).

Os gêneros *Axonopus* e *Spermacoce* apresentam características semelhantes, por, frequentemente serem encontrados em solos compactados e de uso intenso. Esses gêneros são conhecidos também pela resistência a herbicidas, o que pode ocasionar o aumento da densidade das plantas, dificultando o controle das suas infestações pelo método químico (PEREIRA e SILVA, 2000; GALLON et al. 2018).

Ao final do primeiro ano do experimento, os tratamentos com plantas de cobertura propiciaram nova composição florística na comunidade infestante, com o surgimento de novas espécies e desaparecimento de outras, comparado, ao primeiro levantamento realizado na área (Tabela 2).

**Tabela 2.** Parâmetros fitossociológicos das plantas infestantes de área sob plantio de guaranazeiro, após a implantação de espécies de cobertura do solo. Presidente Figueiredo-AM, 2017.

<b>Tratamento</b>	<b>Espécie infestante</b>	<b>freq rel</b>	<b>dens rel</b>	<b>abund rel</b>	<b>IVI</b>
	<i>Digitaria horizontalis</i>	5,08	12,31	0,18	17,58
	<i>Spermacoce verticillata</i>	10,17	4,70	0,04	14,91

<b>Controle</b>	<i>Paspalum dilatatum</i>	3,39	7,44	0,17	10,99
	<i>Emilia sonchifolia</i>	3,39	2,39	0,05	5,84
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	1,69	3,16	0,14	5,00
	<i>Chamaesyce hirta</i>	3,39	0,60	0,01	4,00
	<i>Praxelis clematidea</i>	3,39	0,34	0,01	3,74
	<i>Digitaria ciliaris</i>	1,69	0,43	0,02	2,75
	<b>Total</b>	<b>32,19</b>	<b>31,37</b>	<b>0,62</b>	<b>-</b>
<b>Canavalia</b>	<i>Digitaria horizontalis</i>	5,08	10,94	0,31	16,34
	<i>Digitaria ciliaris</i>	5,08	8,12	0,12	20,38
<b>Ensiformis</b>	<i>Paspalum dilatatum</i>	3,39	2,82	0,06	6,27
	<i>Emilia sonchifolia</i>	3,39	0,26	0,01	3,65
<b>Total</b>	<b>16,94</b>	<b>22,14</b>	<b>0,50</b>	<b>-</b>	
<b>Mucuna deeringiana</b>	<i>Digitaria ciliaris</i>	3,39	6,15	0,14	17,56
	<i>Commelina benghalensis</i>	5,08	3,42	0,05	8,55
	<i>Digitaria horizontalis</i>	3,39	1,79	0,04	5,22
	<i>Amaranthus deflexus</i>	1,69	0,51	0,02	3,07
	<i>Emilia sonchifolia</i>	1,69	0,94	0,04	2,68
<b>Total</b>	<b>15,24</b>	<b>12,81</b>	<b>0,29</b>	<b>-</b>	
<b>Brachiaria ruziziensis</b>	-	-	-	-	

\*freq rel = frequência relativa; dens rel = densidade relativa; abund rel = abundância relativa; IVI = Índice de valor de importância

O tratamento controle apresentou a maior riqueza de espécies com oito espécies, seguido pela *M. deeringiana* com cinco e *C. ensiformis* com quatro espécies. A espécie, *B. ruziziensis* não registrou nenhuma planta daninha (Tabela 2). As plantas de cobertura reduziram a diversidade de espécies infestantes em comparação à testemunha sem cobertura com relevância para *B. ruziziensis* que suprimiu todas as plantas infestantes.

A maioria das espécies encontradas no tratamento controle, persistiram na área, sendo também encontradas nos tratamentos com cobertura, porém com variação em suas frequências e densidades. Poaceae foi a família com maior número de espécies comuns entre os tratamentos com destaque para o gênero *Digitaria* com duas espécies em todos os tratamentos, exceto com a planta de cobertura braquiária (Tabela 2).

As espécies mais importantes foram *Digitaria ciliaris* e *Digitaria horizontalis*, evidenciando seus potenciais de infestação. O gênero *Digitaria* possui espécies de plantas infestantes competidoras, por serem agressivas, de difícil manejo, infestando muitas culturas agrícolas, como feijão-caupi, sorgo sacarino, algodão, banana e cana-de-açúcar (DIAS et al. 2007; OLIVEIRA e FREITAS (2008); FREITAS et al. 2015; CORRÊA et

al. 2016; GIANCOTTI et al. 2017). São gramíneas perenes, eretas, que possuem colmos estriados e entrenós longos o que assegura a dominância da espécie na área.

A alta produção de sementes das digitarias e o fato dessas sementes apresentarem pilosidade e elevado poder germinativo, facilitam sua dispersão, podendo ser disseminadas a longas distâncias pelo vento, praticamente o ano todo. Reproduzem-se tanto por sementes quanto por rizomas, formando grandes touceiras nas áreas infestadas (KISSMANN & GROTH, 1997; LORENZI, 2000; MONDO et al. 2010).

No primeiro levantamento fitossociológico, este gênero já estava presente na área, porém, depois da instalação das coberturas, tornou-se mais frequente, o que pode ter sido causado pelas práticas de manejo realizadas no solo para implantação das coberturas, favorecendo a sua dispersão e propagação. Essas espécies não sobressaem em solos pobres, porém, são bastante agressivas em solos férteis. Neste estudo, foram as primeiras infestantes a surgirem após as operações de preparo do solo, correção de acidez e adubação fosfatada, o que pode ter influenciado seu aparecimento. Todos esses fatores favorecem o desenvolvimento, propagação e conseqüentemente a infestação de espécies do gênero *Digitaria* (SILVA et al. 2009).

Outros estudos de supressão de plantas infestantes por plantas de cobertura também identificaram o gênero *Digitaria* em todos os tratamentos avaliados, com *D. horizontalis* a espécie com maior ocorrência na área. Estes estudos registram alto índice de valor de importância e afirmam seu surgimento no período inicial de estabelecimento das plantas de cobertura (SILVA et al. 2009; LIMA et al. 2014).

No segundo ano, a testemunha sem plantas de cobertura apresentou maior diversidade de espécies infestantes, com *D. horizontalis* registrando maior frequência, densidade e abundância, logo, a espécie mais importante com IVI de 38,02% (Tabela 3).

No tratamento com feijão-de-porco, *D. horizontalis* foi a planta daninha mais importante, enquanto que nas áreas cobertas com mucuna, a espécie *Zehneria indica*, não registrada nos levantamentos anteriores emergiu, com maior IVI (Tabela 3).

As leguminosas reduziram o número de espécies infestantes do primeiro levantamento fitossociológico, em relação ao último, com três espécies infestantes cada um (Tabela 3).

**Tabela 3.** Parâmetros fitossociológicos das plantas infestantes de plantio de guaranazeiro, no segundo ano de implantação de espécies de cobertura do solo. Presidente Figueiredo-AM, 2018.

<b>Tratamento</b>	<b>Espécie infestante</b>	<b>freq rel</b>	<b>dens rel</b>	<b>abund rel</b>	<b>IVI</b>
<b>Controle</b>	<i>Digitaria horizontalis</i>	9,10	19,25	9,69	<b>38,04</b>
	<i>Spermacoce verticillata</i>	9,08	12,97	6,53	28,58
	<i>Paspalum multicaule</i>	3,03	6,69	10,12	19,84
	<i>Phyllanthus niruri</i>	6,05	0,84	0,63	7,52
	<i>Praxelis pauciflora</i>	6,05	0,84	0,63	7,52
	<b>Total</b>	<b>33,31</b>	<b>40,59</b>	<b>27,60</b>	<b>-</b>
<b>Canavalia ensiformis</b>	<i>Digitaria horizontalis</i>	3,03	21,34	32,24	56,61
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	3,03	0,42	0,63	4,08
	<i>Ipomoea grandifolia</i>	3,03	0,42	0,63	4,08
	<b>Total</b>	<b>9,09</b>	<b>22,18</b>	<b>33,5</b>	<b>-</b>
<b>Mucuna deeringiana</b>	<i>Zehneria indica</i>	3,03	2,09	3,16	8,28
	<i>Emilia sonchifolia</i>	3,03	0,84	1,26	5,13
	<i>Ipomoea grandifolia</i>	3,03	0,42	0,63	4,08
	<b>Total</b>	<b>9,09</b>	<b>3,35</b>	<b>5,05</b>	<b>-</b>
<b>Brachiaria ruziziensis</b>	-	-	-	-	-

freq rel = frequência relativa; dens rel = densidade relativa; abund rel = abundância relativa; IVI = Índice de valor de importância.

As espécies de maior IVI nem sempre foram consideradas de difícil controle como é o caso de *Digitaria horizontalis*, que apresentou baixa frequência em todos os tratamentos, quando comparados ao controle. Sua persistência pode ser devida ao maior banco de sementes formado no solo durante os anos em que a área esteve sob controle convencional de plantas infestantes.

Existe, portanto, um perfil de transição da comunidade infestante na área sob cultivo de guaranazeiro, com a maioria das espécies competidoras típicas de áreas em pousio, mas apresentando também algumas espécies próprias de áreas com distúrbios, como aquelas com cultivo intensivo do solo. Além disso, à medida que a densidade de plantas infestantes aumenta em determinado local, intensifica-se a competição interespecífica e intraespecífica, de modo que as infestantes com maiores alturas e mais desenvolvidas tornam-se as mais dominantes, ao passo que as menores são suprimidas ou morrem (SANTOS et al. 2004; SILVA et al. 2018).

No primeiro ano, as plantas de cobertura reduziram em 54% o número de plantas infestantes comparadas ao levantamento inicial (Tabela 1 e 2). Enquanto no segundo ano,

atingiu 59% de redução do número dessas espécies no guaranazal em comparação ao levantamento antes da instalação das coberturas (Tabelas 1 e 3) o que comprova o efeito supressor das plantas de cobertura usadas.

As leguminosas *M. deeringiana* e *C. ensiformis* mostraram potencial de supressão por apresentarem as menores densidades das plantas infestantes quando comparadas com o tratamento controle (Tabelas 2 e 3).

A redução no número de espécies e densidade de plantas infestantes no tratamento com *M. deeringiana* pode ter sido ocasionado pelo hábito de crescimento rasteiro e agressivo que distribuiu melhor os ramos e folhas sobre o solo, favorecendo-a na competição com as demais espécies. Este efeito físico dificulta a entrada de fótons de luz até as plantas infestantes, prejudicando seu crescimento por limitação energética para ativar os fotossistemas e pela competição por nutrientes (SAGE e KUBIEN, 2003).

A *M. deeringiana* apresenta rápido crescimento inicial, alta produção de fitomassa e capacidade de cobertura do solo, promovendo maior supressão das plantas infestantes (BALIGAR et al. 2006; PARTELLI, 2010). Em estudo com *M. deeringiana* como adubo verde foram obtidos 100% de cobertura do solo em função deste comportamento agressivo, além disso, a senescência de seus resíduos vegetais pode ocasionar efeitos alelopáticos impedindo a emergência das plantas infestantes (FAVERO et al. 2001; CARVALHO et al. 2002; MONQUERO et al. 2009).

Embora não avaliada nesta pesquisa, a supressão das plantas infestantes observadas no tratamento com *M. deeringiana*, pode ter sido ocasionada pela liberação de aleloquímicos. Diversos trabalhos evidenciam o poder alelopático de leguminosas como *M. deeringiana* e *C. ensiformis* sobre outras plantas (FAVERO et al. 2001; BURLE et al. 2006; PEREIRA et al. 2018, VARGAS et al. 2018).

Entretanto, em *C. ensiformis* provavelmente essa liberação de aleloquímicos não foi capaz de inibir ou suprimir a espécie *Digitaria horizontalis* (Tabela 3). Segundo Monqueiro et al. (2009), a atividade alelopática depende inteiramente da forma como a cobertura morta se comporta sobre as plantas infestantes, em relação à qualidade, quantidade, tipo de solo, população microbiana do local, condições climáticas e como as plantas infestantes estão presentes no local.

*C. ensiformis* apresentou crescimento inicial lento, deixando o solo exposto, o que favoreceu a germinação do banco de sementes no solo pela incidência luminosa. Neste caso, a planta de cobertura passa a ter um baixo grau de competição com as infestantes, permitindo seu desenvolvimento na área (FAVERO et al. 2001; TEODORO et al. 2011). Contudo, após estabelecimento, as plantas de *C. ensiformis* passaram a ocupar inteiramente o solo, promovendo a supressão adequada das plantas infestantes.

A espécie *B. ruziziensis* suprimiu totalmente as plantas infestantes nos dois anos de uso de cobertura no plantio do guranazeiro (Tabela 2 e 3). Outras pesquisas com esta espécie de cobertura apresentaram resultados similares, onde houve supressão em 100% do aparecimento de plantas infestantes (LIMA et al. 2014).

Esta capacidade de supressão atribuída à *B. ruziziensis* pode ser devido à sua alta capacidade de produção de fitomassa durante todo o ano, formando uma espessa camada de material vegetal sobre o solo, impedindo a incidência de luz para germinação das sementes, também atuando como barreira física que impede a emergência das plântulas que porventura germinarem. Essa condição resulta na supressão das infestantes (MACHADO et al. 2011; LIMA et al.2014; FORTE et al. 2018).

Quanto a matéria seca das coberturas, não houve significância para o fator ano isoladamente, nem da interação, porém, foi significativo para as coberturas. Para a matéria seca das plantas infestantes, houve significância dos fatores isolados e da interação entre eles (Tabela 4).

**Tabela 4** - Resumo da Anova para produção de matéria seca das plantas de cobertura (MSPC) e das infestantes (MSPI), em plantio de guranazeiro. Presidente Figueiredo-AM, 2017 - 2018.

FV	GL	QM	
		MSPC	MSPI
Fator1(F1)	1	190104,60 NS	251,42*
Fator2(F2)	2	1659170,66 *	1555,99*
Int. F1xF2	2	27384,00 NS	62,98*
Resíduo	18	165,682	0,1972
Total	23	-	-
CV (%)		26,35	82,27

\* e \*\* = significativo a 5% e 1 % de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F.

Em geral, a produção de matéria seca das coberturas foi inversamente proporcional aos valores registrados para as plantas infestantes, ou seja, nos tratamentos em que as espécies de cobertura apresentaram maior peso de matéria seca, as infestantes

registraram os menores, e vice e versa (Tabela 5). Tal fato é coerente com o constatado para *B. ruziziensis*, que apresentou os maiores pesos de matéria seca e, no levantamento fitossociológico suprimiu todas as plantas infestantes.

**Tabela 05.** Produção de matéria seca (kg/ha) das plantas de cobertura (MSPC) e das plantas infestantes (MSPI) em plantios de guaranazeiro, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo-AM, 2017-2018.

Plantas de Cobertura	MSPC	MSPI
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	5,95 a	00,00 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	4,55 ab	0,43 a
<i>Mucuna deeringiana</i>	4,14 b	0,71 a
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	<b>26,35</b>	<b>82,27</b>

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade

A elevada produção de matéria seca de *B. ruziziensis* com supressão total das plantas infestantes é uma característica desejável na escolha de uma planta de cobertura.

Altos valores de matéria seca de uma espécie de cobertura estão relacionados à boa formação de palhada sobre o solo, o que garante a redução no estabelecimento de plantas infestantes, por meio de fatores como a amplitude térmica, pouca disponibilidade de luz e formação da barreira física (GOMES JR. e CHRISTOFFOLETI, 2008; MONQUERO et al. 2009; LAMEGO et al. 2015; FERREIRA et al.2018).

*M. deeringiana* e *C. ensiformis*, apresentaram as menores MSPC e não diferiram entre si, conseqüentemente, as plantas infestantes desses dois tratamentos, apresentaram as maiores MSPI, independente do ano agrícola. Comportamento semelhante entre essas duas espécies também foi observado no levantamento fitossociológico do segundo ano de estudo (Tabela 3), no qual, as áreas cobertas com essas duas leguminosas apresentaram igual número de espécies infestantes, sendo uma delas comum às duas áreas.

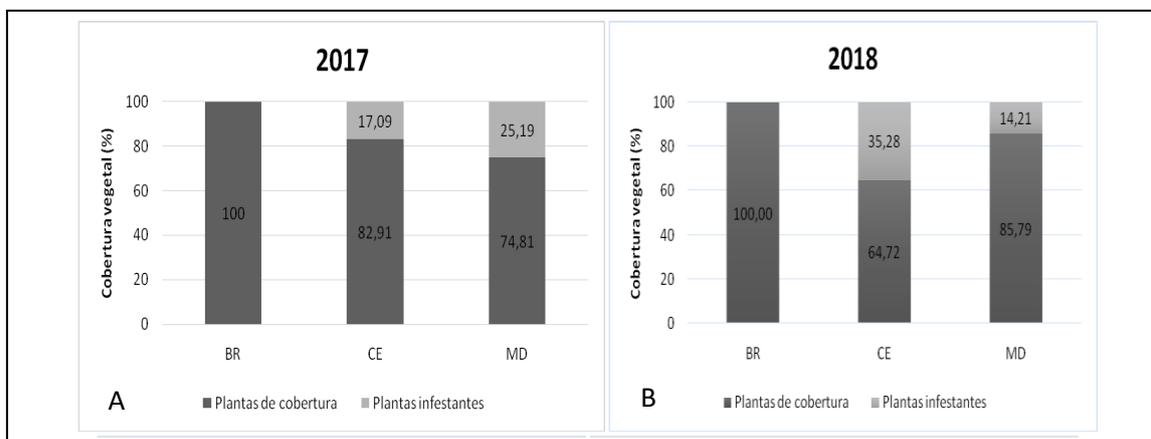
Apesar do menor acúmulo de matéria seca das leguminosas *M. deeringiana* e *C. ensiformis* verificou-se efeito supressivo sobre as plantas infestantes, em decorrência da baixa produção de matéria seca dessas espécies (Tabela 5). Esse resultado foi condizente com a redução nos valores de todos os parâmetros fitossociológicos das infestantes nos dois anos agrícolas.

Além da densidade de plantas, o período de convivência entre a cultura e as infestantes define o nível de danos à cultura. Como regra geral, quanto maior o período de convivência da cultura com as infestantes, maior será o dano econômico, pela redução

das variáveis de crescimento, como número de folhas, área foliar e matéria seca da cultura principal (SILVA et al. 2009).

A produção de matéria seca e a supressão de plantas infestantes, também são influenciadas pelo ciclo da planta de cobertura. Portanto, plantas de cobertura com ciclos curtos são mais eficientes na supressão de infestantes, quando utilizadas como antecessoras da cultura principal, em curto período, como ocorre nas práticas de plantio direto. Quando esse período se estende, facilita a ocorrência de espécies infestantes (MHLANGA et al.2015).

Em relação a taxa de cobertura, *B. ruziziensis* cobriu 100% do solo, levando a supressão total das plantas infestantes (Figura 1 A e B).



**Figura 1.** Porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo proporcionada pelas plantas de cobertura e pelas plantas infestantes nos anos agrícolas de 2017 e 2018. BR- *Brachiaria ruziziensis*; CE- *Canavalia ensiformis*; MD- *Mucuna deeringiana*. Presidente Figueiredo-AM, 2017- 2018.

As coberturas *C. ensiformis* e *M. deeringiana* proporcionaram cobertura do solo superior a 70%, apresentando boa supressão de plantas infestantes (Figura 1-A). Entretanto, no segundo ano, *M. deeringiana* continuou apresentando boa supressão com 85% de cobertura, enquanto que *C. ensiformis* apresentou uma redução de cobertura com a taxa em 64%. Teodoro et al. (2011) relatam que aos 40 dias, a mucuna-preta apresenta 42% de cobertura do solo e cobertura plena apenas aos 100 dias.

Estudo avaliando a taxa de cobertura de *C. ensiformis*, também verificou redução na supressão das infestantes estando relacionado ao seu hábito de crescimento ereto, o que facilita a passagem de luz pelas entrelinhas. A solução para reduzir a passagem de

luz seria a utilização de um espaçamento mais adensado, de forma a antecipar a cobertura total do solo e assim a supressão das infestantes (LIMA et al.2014).

A alteração na composição florística das espécies infestantes ao longo do desenvolvimento das plantas de cobertura, evidencia a importância da realização de estudos fitossociológicos em diferentes períodos, além da necessidade de conhecimento da biologia das plantas (LIMA et al. 2014).

A dinâmica das espécies pode variar em sua composição florística em função do tipo e da intensidade de tratos culturais impostos pelos tipos de manejos empregados, podendo alterar suas populações e a distribuição de espécies dentro da comunidade (SILVA et al.2018).

Portanto, o conhecimento sobre as populações de espécies das plantas infestante presentes na área é de suma importância para determinar qual o melhor método de controle a ser aplicado e, no caso deste estudo, é importante também avaliar o potencial de supressão das plantas de cobertura sobre as infestantes. O surgimento de novas espécies na área de plantio, poderá demandar mudanças nas estratégias de manejos, e com isso, determinar novas e diferentes tomadas de decisão do produtor.

## CONCLUSÃO

As plantas de cobertura alteram a composição florística da comunidade infestante do plantio de guaranazeiro, pela redução da diversidade de espécies, da frequência, da densidade e da abundância das infestantes.

A espécie infestante mais importante foi *Digitaria horizontalis*, suprimida apenas pela cobertura *Brachiaria ruziziensis*. Essa cobertura suprimiu 100% das plantas infestantes no guaranazal e apresentou excelente cobertura do solo, além de excelente produção de fitomassa.

## REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V.; PRETE, C. E. C.; GAZZIERO, D. L. P.; & VOLL, E. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.2010.
- ALBERTINO, S. M. F., SILVA, J. F., PARENTE, R. C., & SOUZA, L. A. S. Composição florística das plantas daninhas na cultura de guaraná (*Paullinia cupana*), no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 351-358, 2004
- ALVES, A. G. C., COGO, N. P., & LEVIEN, R. Comparação entre os métodos da transeção linear e fotográfico na avaliação de cobertura vegetal morta, sob dois métodos de preparo, após a colheita da soja. **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, vol. 22, n. 3, p. 491-496, 1998.
- AMORIM DA SILVA, Denysson et al. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 1, p. 7-15, 2018.
- BALIGAR, V. C. et al. Light intensity effects on growth and micronutrient up take by tropical legume cover crops. **Journal of plant nutrition**, v. 29, n. 11, p. 1959-1974, 2006.
- BOLDRINI, Ilsi Iob. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**, p. 63-77, 2009.
- BROWER, James E.; ZAR, Jerrold H.; VON ENDE, C. A. Field and laboratory methods for general ecology. Dubuque: Wm. C. 1984.
- BROWN, Dorothy et al. Methods of surveying and measuring vegetation. **Methods of surveying and measuring vegetation.**, 1954.
- BURLE, M. L. et al. Caracterização das espécies de adubo verde. **Cerrado: Adubação Verde. Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2006.
- CARVALHO, GJ de; FONTANÉTTI, ANASTÁCIA; CANÇADO, CHRISTIANO TADEU. Potencial alelopático do feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e da mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Ciência e agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 647-651, 2002.
- CORRÊA, Maria José Pinheiro et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, 2016.
- CUNHA, Jorge Luiz Xavier Lins et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Agro@mbiente. Online**, v. 8, n. 1, p. 119-126, 2014.

DA SILVA, Andréia Cristina; HIRATA, Edson Kiyoharu; MONQUERO, Patrícia Andréa. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 22-28, 2009.

DE ALBUQUERQUE, Abel W. et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 7, 2013.

DE FREITAS, ROGERIO SOARES et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do algodão/weed interference in cotton culture. **Ceres**, v. 50, n. 289, 2015.

DE LIMA, Larissa B.; PETTER, Fabiano A.; LEANDRO, Wilson M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 2015.

DIAS, A. C. R. et al. Problemática da ocorrência de diferentes espécies de capim-colchão (*Digitaria spp.*) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 489-499, 2007.

DUARTE, Edivânia MG et al. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. **Agroforestry systems**, v. 87, n. 4, p. 835-847, 2013.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Phyto-sociological survey of weed communities in flooded rice areas cultivated under different management systems. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 195-201, 2004.

FAVERO, Claudenir et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos et al. Suppressive effects on weeds and dry matter yields of cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 5, p. 566-574, 2018.

FERREIRA, Evander Alves et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do Médio Vale do Rio Doce, **Ceres**, v. 61, n. 4, 2015.

FONTANÉTTI, Anastácia et al. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho Green manuring on the control of weeds in lettuce and cabbage crops. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 967-973, 2004.

FONTES, José Roberto Antoniol; SANTOS, Lucio Pereira. Modificação da composição florística da comunidade de plantas daninhas em guaranazal submetido à correção da fertilidade do solo. In: **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO

DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

FORTE, Cesar Tiago et al. Sistemas de manejo do solo e sua influência no banco de sementes de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 435-442, 2018.

GALLON, Mateus et al. Methods to promote *Borreria latifolia* seed germination. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 475-483, 2018.

GALVÃO, Anísia Karla de Lima et al. Levantamento fitossociológico em pastagens de várzea no Estado do Amazonas Phytosociological assessment of pastures under flooded low land conditions in the State of Amazon, Brazil. **Planta daninha**, v. 29, n. 1, p. 69-75, 2011.

GIANCOTTI, P. R. F. et al. Interferência e estudos fitossociológicos da comunidade infestante na cultura do sorgo sacarino. **Planta Daninha**, 2017.

GIRALDO-CAÑAS, Diego. The species of the genus *Axonopus* (Poaceae: Panicoideae: Paspaleae) in Mexico. **Caldasia**, v. 34, n. 2, p. 325-346, 2012.

GOMES JR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GROMBONE-GUARATINI, Maria Tereza; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. **Journal of tropical ecology**, v. 18, n. 5, p. 759-774, 2002.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**—tomo 1. 1997.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of soil and Water Conservation**, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LAMEGO, Fabiane Pinto et al. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

LIMA, Anna Karoliny Oliveira et al. Composição florística e fitossociologia de plantas espontâneas em pastagens do gênero *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) no nordeste paraense. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 339-349, 2018.

LIMA, Suzete Fernandes et al. Fitossociologia de plantas daninhas em convivência com plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 37-47, 2014.

LORENZI, Harri et al. Manual de identificação e controle de plantas daninhas. 2014.

MACHADO, V. D. et al. Fitossociologia de plantas daninhas em sistemas de integração de sorgo com braquiária sob diferentes formas de implantação da pastagem. **Planta daninha**, v. 29, n. 1, p. 85-95, 2011.

MHLANGA, Blessing et al. Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe. **Crop protection**, v. 69, p. 1-8, 2015.

MILÉO, L. J. et al. Phytosociology of weeds in cultivation of two varieties of cassava. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 267-276, 2016.

MIRANDA, Márcia Vilhora; METZNER, Barbara Susanne. Paullinia cupana: revisão da matéria médica. **Revista de Homeopatia**, v. 73, n. 1/2, p. 1-17, 2010.

MONDO, VH Vaz et al. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero Digitaria. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

MONQUERO, P. A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

MUELLER-DOMBOIS, Dieter; ELLENBERG, Heinz. **Aims and methods of vegetation ecology**. 1974.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

DE OLIVEIRA, Anna Christina Sanazário et al. Fitossociologia de plantas daninhas em monocultivo de milho e em consórcio com diferentes Fabaceae. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, 2015.

PARTELLI, Fábio Luiz et al. Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro Conilon orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, 2010.

PEREIRA, F. et al. Controle de plantas daninhas em pastagens. **Embrapa Gado de Corte-Docmentos (INFOTECA-E)**, 2000.

PEREIRA, Juliana Campana et al. Potencial alelopático e identificação dos metabólitos secundários em extratos de *Canavalia ensiformis* L. 1. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 243-252, 2018.

QUEIROZ, L. R. et al. Supressão de plantas daninhas na produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

RAMIRES, Antonio Claudemir et al. Glyphosate associado a outros herbicidas no controle de *Commelina benghalensis* e *Spermacoce latifolia*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, 2011.

SAGE, Rowan F.; KUBIEN, David S. Quo vadis C 4? An ecophysiological perspective on global change and the future of C 4 plants. **Photosynthesis research**, v. 77, n. 2-3, p. 209-225, 2003.

SALARIATO, Diego L.; ZULOAGA, Fernando O.; MORRONE, Osvaldo. Contribución Al Conocimiento De Las Especies Del Género *Axonopus* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae) Para Sudamérica Austral. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 98, n. 2, p. 228-272, 2011.

TUFFI SANTOS, LD et al. Levantamento fitossociológico em pastagens degradadas sob condições de várzea . **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.

SCHIMPL, Flávia Camila et al. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p. 14-31, 2013.

SILVA, A. F. et al. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta daninha**, v. 27, n. 1, p. 57-66, 2009.

SILVA, Shirley de Oliveira et al. Diversidade e frequência de plantas daninhas em associações entre cafeeiros e grevileas. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 126-134, jul./dez. 2006.

SMITH, L. B.; WASSHAUSEN, D. C.; KLEIN, R. M. Gramíneas: Flora ilustrada catarinense. **Itajaí: Raulino Reitz**, 1982.

SOUZA, I. et al. Determinação de taninos e metilxantinas no guaraná em pó por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 866-870, 2010.

SOUZA, L. S. A.; SILVA, J. F.; SOUZA, M. D. B. Composição florística de plantas daninhas em agrossistemas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e pupunheira (*Bactris gasipaes*) Floristic composition of weeds in agrosystems of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) and peach palm (*Bactris gasipaes*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 249-255, 2003.

TEODORO, Ricardo Borges et al. Agronomic aspects of leguminous to green fertilization in the Cerrado of the High Jequitinhonha Valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 635-640, 2011.

VARGAS, L. A.; PASSOS, A. M. A.; KARAM, D. Allelopathic potential of Cover Crops in Control of Shrubby False Buttonweed (*Spermacoce verticillata*). **Planta Daninha**, v. 36, 2018.

VERONESE, Marcio et al. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1158-1165, 2012.

WF, SANTOS et al. Weed phytosociological and floristic survey in agricultural areas of South western Goiás region. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 65-80, 2016.

WELKER, Cassiano Aimberê Dorneles; LONGHI-WAGNER, Hilda Maria. A família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 4, p. 53-92, 2007.

ZIMDAHL, Robert L. **Fundamentals of weed science**. Academic Press, 2018.

## CAPÍTULO II

### TEORES DE NUTRIENTES E TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA EM PLANTIO DE GUARANAZEIRO

#### ABSTRATO

As gramíneas e leguminosas podem apresentar diferentes comportamentos quando utilizadas como culturas de cobertura, e a determinação da taxa de liberação de nutrientes é fundamental para a elaboração de técnicas de cultivo para sua utilização. No entanto, para entender a dinâmica de decomposição de resíduos vegetais é necessário conhecer a composição química das plantas de cobertura, a quantidade de material disponível e as condições do solo e do meio ambiente. O objetivo deste estudo foi avaliar o acúmulo e a taxa de liberação de nutrientes das plantas de cobertura e sua taxa de decomposição nos campos de guaraná. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 x 4: dois anos agrícolas (2017 e 2018), três espécies de cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*), quatro períodos de avaliação (0, 60, 120, 180 dias) e três repetições. Avaliou-se a matéria seca das coberturas, teores de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), decomposição e liberação de nutrientes. Os maiores rendimentos de matéria seca e os maiores teores de nitrogênio e potássio foram encontrados em *M. deeringiana*. Os maiores níveis de cálcio, magnésio e fósforo ocorreram em *C. ensiformis*. A maior taxa de decomposição ocorreu para a matéria seca de *B. ruziziensis* e a menor para as leguminosas *M. deeringiana* e *C. ensiformis*. No primeiro ano, as maiores taxas de liberação de nutrientes foram observadas em *C. ensiformis* para potássio e *B. ruziziensis* para nitrogênio e cálcio. No segundo ano, a *C. ensiformis* apresentou as maiores taxas de liberação de nitrogênio e potássio.

**Palavras-chave:** Tempo de meia-vida. Ciclagem de nutrientes. *Litter bags*.

## CHAPTER II

### NUTRIENT CONTENTS AND TIME OF DECOMPOSITION OF COVERAGES IN GUARANA CROP

#### ABSTRACT

Grasses and legumes can present different behaviors when used as cover crops, and the determination of the rate of nutrients release is fundamental for the elaboration of cultivation techniques to their use. However, to understand the dynamics of decomposition of plant residues is necessary to know the chemical composition of the cover plants, the amount of available material, and the conditions of the soil and the environment. The objective of this study was to evaluate the accumulation and rate of nutrient release of the cover crops and their rate of decomposition in guarana fields. The experimental design was a randomized complete block design in 2 x 3 x 4 factorial scheme: two agricultural years (2017 and 2018), three cover species (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* and *Mucuna deeringiana*), four evaluation periods (0, 60, 120, 180 days) and three replications. The cover crops dry matter, nutrient contents (N, P, K, Ca and Mg), decomposition and nutrient release were evaluated. The highest yields of dry matter and the highest levels of nitrogen and potassium were found in *M. deeringiana*. The highest levels of calcium, magnesium and phosphorus occurred in *C. ensiformis*. The highest rate of decomposition occurred for the dry matter of *B. ruziziensis* and the lowest for the legumes *M. deeringiana* and *C. ensiformis*. In the first year, the highest rates of nutrient release were observed in *C. ensiformis* for potassium and *B. ruziziensis* for nitrogen and calcium. In the second year, *C. ensiformis* had the highest rates of nitrogen and potassium release.

**Key words:** Half-life time; nutrient cycling, litter bags.

## INTRODUÇÃO

As plantas de cobertura têm sido utilizadas em regiões tropicais para a conservação do solo e para a obtenção de acréscimos na produção. Estudos têm revelado interações positivas entre o uso dessas plantas e as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tais como a diminuição da compactação e resistência a penetração das raízes (BORDIN et al. 2018), diminuição da densidade e aumento da porosidade do solo (DA SILVA et al. 2017), aumento da matéria orgânica e da comunidade microbiana, bem como o aumento da disponibilidade de nutrientes para as culturas (CAVALLI et al. 2018; NEVINS et al. 2018; SCHMIDT et al. 2018; DA SILVA et al. 2017).

Contudo, a contribuição das plantas de cobertura para o cultivo dependerá do ajuste preciso entre as características da espécie de cobertura, o ciclo da cultura e as condições ambientais. Nesse sentido, gramíneas e leguminosas podem apresentar diferentes comportamentos quando usadas como coberturas, as primeiras tendem a apresentar melhor cobertura do solo, enquanto que as últimas tendem a apresentar melhor ciclagem de nutrientes (COLLIER et al. 2018; PISSINATI et al. 2018). O ciclo da cultura, anual ou perene, também tem papel decisivo na escolha da planta de cobertura, o uso de coberturas que se decomponham mais lentamente tende a ser melhor para culturas perenes. Além disso, a precipitação exerce influência direta na decomposição das culturas na superfície do solo (LUCENA et al. 2017).

De modo geral, a compreensão dos fatores que regulam a decomposição vegetal assume papel fundamental e tem sido motivo de estudos. A determinação do melhor momento de corte e do ritmo de liberação dos nutrientes contidos é fundamental para elaboração de técnicas de cultivo relacionadas ao uso de coberturas. Entretanto, para a compreensão da dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais faz-se necessário o conhecimento da composição química das plantas de cobertura, da quantidade de material disponível, e das condições do solo e do ambiente (ESPÍNDOLA et al. 2006).

No Amazonas, as plantas infestantes podem limitar a produção do guaranazeiro em até 65%, com a época de menor disponibilidade hídrica, considerada o período crítico de interferência das plantas infestantes sobre a cultura (SOARES, 2017). Nesse contexto, o uso de plantas de cobertura capazes de suprimir as infestantes, de proteger o solo e conservar a água neste período, constitui uma importante estratégia a ser considerada.

Além disso, o conhecimento da dinâmica de decomposição pode ser útil para o ajuste do ritmo de liberação de nutrientes contidos nas coberturas, ao período de maior exigência nutricional da cultura.

Contudo, sabe-se que o tempo de decomposição e o ritmo de liberação de nutrientes contidos nas coberturas são variáveis, sendo necessária a realização de estudos específicos para a obtenção do modelo que melhor descreva essa dinâmica para cada espécie de cobertura em cada ambiente (SILVA FILHO et al. 2018). E apesar da importância econômica e social do guaranazeiro, não existem estudos relacionados à decomposição de coberturas vegetais nesta cultura.

A recomendação da espécie de cobertura em função da sua persistência no solo depende de fatores como condições edafoclimáticas e tipo de manejo. As condições climáticas das regiões sul e sudeste são completamente diferentes quando comparado as condições da região amazônica, por isso se faz necessário conhecer o comportamento das plantas de cobertura em condições de altas temperaturas e umidade.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo e o ritmo de liberação de nutrientes das plantas de cobertura e sua taxa de decomposição em cultivo de guaranazeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

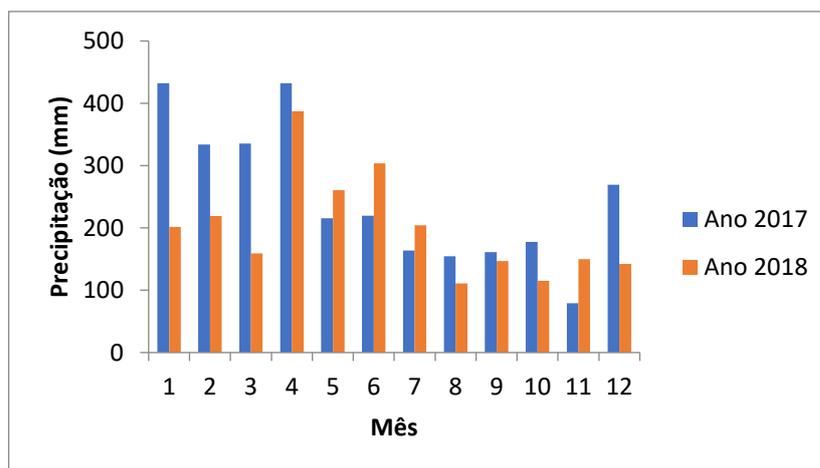
O experimento foi conduzido em plantio comercial de guaranazeiro, localizado na Fazenda Agropecuária Jayoro, município de Presidente Figueiredo – Amazonas cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 01° 96' 04" S e Longitude: 60° 14' 37" W, nos anos agrícolas de 2017 e 2018. O solo foi classificado como latossolo amarelo distrófico e sua composição química e granulométrica está apresentada na tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química e granulométrica de amostras de solo coletada antes da implantação do experimento em Presidente Figueiredo –AM, 2017.

Profundidade	pH	P	K	MO	Ca	Mg	Al	t	T	SB	H <sup>+</sup> AL <sup>-1</sup>	V	M
(m)	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>		dag kg <sup>-1</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>							(%)	
0,00- 0,10	3,9	2	24	2	0,1	0,1	1,1	1,4	8,3	0,26	8	3,17	80,8

\*P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátion; SB : soma de bases; H<sup>+</sup> AL<sup>-1</sup> : acidez potencial; V: saturação de bases; m: saturação em alumínio.

A precipitação pluviométrica média anual foi de 2.500 mm, a temperatura média de 35° C e altitude de 122 m, conforme dados adquiridos da estação meteorológica da empresa Agropecuária Jayoro (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação média (mm) na área experimental no município de Presidente Figueiredo (AM), durante a condução do experimento. Presidente Figueiredo-AM, 2017 – 2018.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3x4: dois anos agrícolas (2017 e 2018), três espécies de plantas de cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*), quatro épocas de avaliação (0, 60, 120, 180 dias), com três repetições. As unidades experimentais foram compostas de 15 plantas, em três linhas com cinco plantas, a área útil foi considerada com três plantas. Cada unidade experimental continha 400 m<sup>2</sup>.

A área foi preparada com gradagem leve e a correção do solo baseada nos resultados de análises, onde foi aplicado 3,35 ton ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 91%), visando elevar o V para 40%. A adubação com fósforo foi feita com a fonte superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) de acordo com as recomendações para as plantas de cobertura.

Após a correção do solo, foram semeadas as espécies utilizadas como plantas de cobertura, com as seguintes densidades: *Brachiaria ruziziensis* - 9 kg ha<sup>-1</sup>, *Canavalia ensiformis* – 135 kg ha<sup>-1</sup>, *Mucuna deeringiana* – 80 kg ha<sup>-1</sup>. A semeadura da espécie

*Brachiaria ruziziensis* foi realizada a lanço, nas linhas e entrelinhas das parcelas; *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*, foram semeadas a 2 cm de profundidade, com espaçamento de 10 cm entre cada semente, em duas fileiras com espaçamento de 0,50 m entre linhas. Esta semeadura ocorreu em fileiras paralelas as linhas e entrelinhas do guaranazeiro, conforme recomendação do fornecedor.

Após o estabelecimento das plantas de cobertura, já na fase de floração, estas foram roçadas e suas fitomassas acondicionadas em sacolas de composição confeccionadas em nylon (*litter bags*), segundo o método de Schunke (1998). As *litter bags* possuíam malha de 2 mm de abertura e dimensões de 0,30 m x 0,30 m. As sacolas foram preenchidas com 100 g do material vegetal fresco de cada espécie. Para aferir a decomposição dos tecidos vegetais das plantas de cobertura, em cada parcela foram distribuídas 12 sacolas e apenas três foram coletadas por vez, em intervalos de 60 dias, após a primeira roçada, totalizando quatro períodos de coleta (0; 60; 120; 180) dias após a roçagem e acondicionamento do material vegetal nas sacolas.

A subtração entre o peso da matéria seca inicial e o peso da matéria seca obtido em cada período de coleta foi usado para descrever a curva de perda de matéria seca por decomposição, ao longo de 180 dias de avaliação.

A taxa de decomposição dos tecidos vegetais foi medida pelo modelo exponencial  $X = X_0 e^{-kt}$ , descrito por Thomas e Asakawa (1993). Em que, X é a quantidade de matéria seca remanescente (kg/ha) existente no tempo t, em dias;  $X_0$  é a fração de matéria seca potencialmente decomponível e k é a constante de decomposição do tecido (g/g/dia). Na equação da constante de decomposição (k) foi aplicado o logaritmo neperiano (ln):  $k = \ln(X / X_0) / t$ . Com o valor obtido de k calculou-se o tempo de meia-vida ( $T_{1/2}$ ) da matéria seca das plantas de cobertura remanescentes, ou seja, o tempo necessário para que 50% da matéria seca seja decomposta. Para isso utilizou-se a equação:  $T_{1/2} = \ln(2)/k$ , sendo  $\ln(2) = 0,693$  e  $T_{1/2} = 0,693/k$ .

As amostras de resíduo vegetal remanescentes nas sacolas, em cada coleta, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65° C, até peso constante, preparadas para quantificação da matéria seca e submetidas às análises químicas. Os teores de N foram quantificados por digestão com enxofre, seguido da destilação de Kjeldahl (TEDESCO et al. 1995). P, K, Ca e Mg, foram determinados segundo os procedimentos descritos por

Bataglia et al. (1983). As análises descritas acima foram realizadas em cada época de recolhimento das sacolas.

Os dados referentes às características peso da matéria seca remanescente e teor de nutrientes foram submetidos à análise de variância pelo teste f ( $p < 0,05$ ) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), precedidos dos testes de normalidade e homogeneidade, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Por não atender aos pressupostos, os dados foram transformados ( $\sqrt{x + 0,5}$ ).

As interações significativas para os períodos avaliados foram submetidas à análise de regressão, adotando-se os modelos linear e quadrático. Para a seleção da equação, considerou-se 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. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software ASSISTAT 7.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância das características, isoladas e em interação encontram-se na tabela 2.

Para o fator ano agrícola, todos os nutrientes apresentaram significância, exceto para nitrogênio e potássio. Enquanto que para as plantas de cobertura, apenas magnésio não foi significativo. Entre os períodos de avaliação, todos os nutrientes apresentaram diferença significativa.

**Tabela 2.** Resumo da Anova para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de três espécies de cobertura, em quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas de cultivo do guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018.

FV	GL	QM				
		N	P	K	Ca	Mg
Ano agrícola	1	2,40682 NS	3,65005 *	2,00801 NS	9,92574 **	3,03811 *
Plantas de cobertura	2	662,80179 **	24,09163 **	3,49321 **	3894,21244 **	0,06954 NS
Período de avaliação	3	29,84787 **	3,68062 **	222,33773 **	6,37084 **	4,85328 **
Ano agrícola x Plantas de cobertura	2	29,60716 **	4,83562 **	1,66501 NS	8,46744 **	0,82329 NS
Ano agrícola x Período de avaliação	3	19,98814 **	0,21695 NS	1,42693 NS	58,35621 **	1,36178 NS

Plantas de cobertura x Período de avaliação	6	110,06673 **	0,56020 NS	3,67446 **	23,79896 **	0,94035 NS
Ano agrícola x Plantas de cobertura x Período de avaliação	6	25,60287 **	0,46359 NS	1,87376 *	52,29421 **	0,70160 NS
Resíduo	48	0,61583	0,61582	0,61631	0,6012	0,6012
C. V. (%)		2,67	32,81	24,1	5,34	27,18

\* e \*\* = significativo a 5% e 1 % de probabilidade; NS = não significativo pelo teste F.

Na interação do ano agrícola com as plantas de cobertura, apenas potássio e magnésio não apresentaram efeito significativo, porém na interação ano x período, foram significativos apenas o nitrogênio e o cálcio (Tabela 1). Esses dois nutrientes foram significativos para quase todos os fatores de variação, demonstrando sua importância nos processos de acúmulo e liberação ao longo do tempo de decomposição das plantas de cobertura do solo.

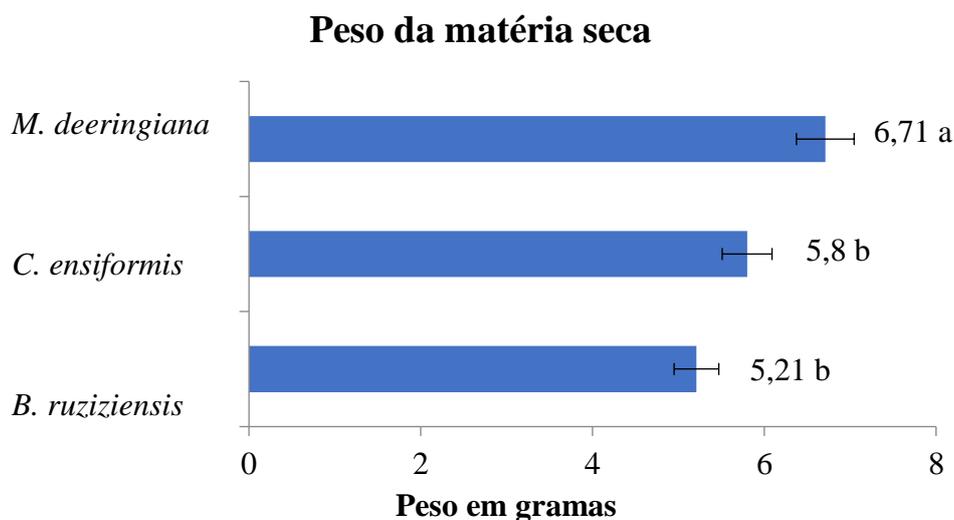
O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes nos processos vitais da planta, utilizado em muitos componentes celulares tais como, proteínas, pigmentos, aminoácidos, coenzimas, presente na molécula de clorofila, ligado a processos fotossintéticos nas plantas com papel direto na divisão e expansão celular (LEMOS et al.2012). O cálcio também tem papel importante no desenvolvimento das plantas, pois o mesmo tem função na divisão celular, na estrutura da parede celular e na formação da lamela média (MALAVOLTA, 2006).

Não houve diferença significativa para P e Mg na análise conjunta de plantas de cobertura x períodos de avaliação e interação dos fatores ano x cobertura x período (Tabela 1).

### **Matéria seca e teores iniciais de nutrientes**

Os dados de produtividade de matéria seca (PMS) (Figura 1) e dos teores de nutrientes obtidos pelas coberturas diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre as espécies analisadas, independente de ano e época avaliada (Figuras 2, 3, 4, 5, 6).

O peso da matéria seca (PMS) das plantas de cobertura variou de 5,21 a 6,71 g, cujo maior valor foi obtido pela *M. deeringiana*, diferindo estatisticamente das demais (Figura 2).



**Figura 2.** Peso da matéria seca remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018. \*Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A alta produção de matéria seca (PMS) pela *Mucuna deeringiana* é um dos itens importantes quanto à escolha da espécie para a região amazônica, entretanto, outros aspectos precisam ser considerados, tais com sua taxa de cobertura e de ciclagem de nutrientes.

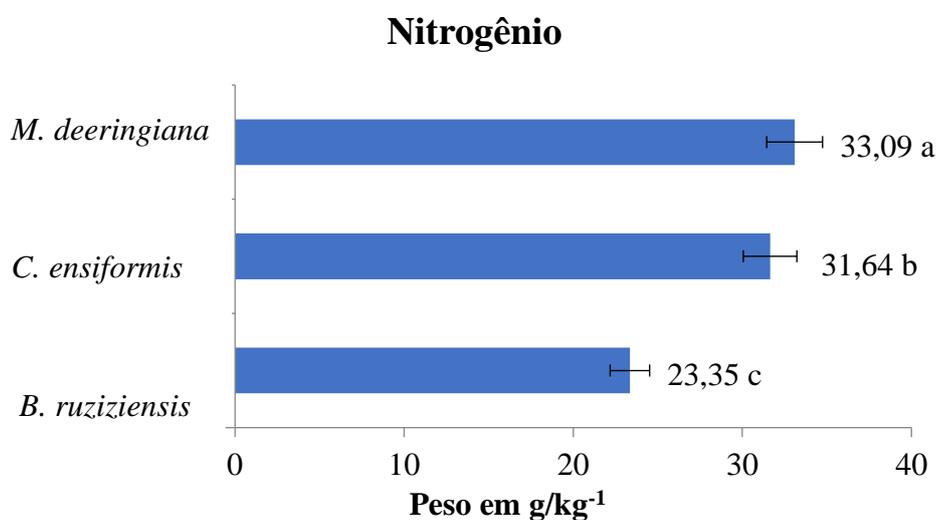
As plantas de *M. deeringiana* são herbáceas, trepadeiras e quando não manejadas corretamente, se enrolam nos galhos e nas folhas do guaranazeiro, podendo estabelecer-se na área e causar danos à cultura, através da redução na absorção de luz e conseqüentemente, prejudicando a fotossíntese (AZANIA et al. 2011). Somados a isso, devido a sua grande produção de fitomassa e hábito trepador, chegam a cobrir completamente a planta, dificultando o momento da colheita e comprometendo o rendimento e a qualidade dos frutos colhidos. Portanto, podas programadas são necessárias para essa planta de cobertura.

Os menores valores de PMS foram de *C. ensiformis* e *B. ruziziensis*, não diferindo estatisticamente (Figura 2). Mesmo apresentando PMS baixo, *B. ruziziensis* é conhecida pelo seu potencial de supressão das infestantes e pela sua excelente taxa de cobertura, depositando no solo grandes quantidades de material senescente.

Plantas de cobertura que possuem o hábito perene, como a *B. ruziziensis*, apresentam além da boa produção de fitomassa com tardia decomposição, baixos custos

de manutenção, pois não necessitam serem replantadas todo ano (PACHECO et al. 2008). Durante o manejo das coberturas, as podas são necessárias para evitar a competição das mesmas com a cultura principal e a *B. ruziziensis* apresenta grande potencial de rebrota após esses cortes.

*M. deeringiana*, além de apresentar a maior produção de matéria seca (Figura 2), também apresentou o maior teor de N seguida, de *C. ensiformis*, diferindo estatisticamente entre as demais (Figura 3). Esse resultado demonstra a contribuição das leguminosas na produção de palhada e ciclagem de nutrientes.



**Figura 3.** Teor de nitrogênio remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018. \*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

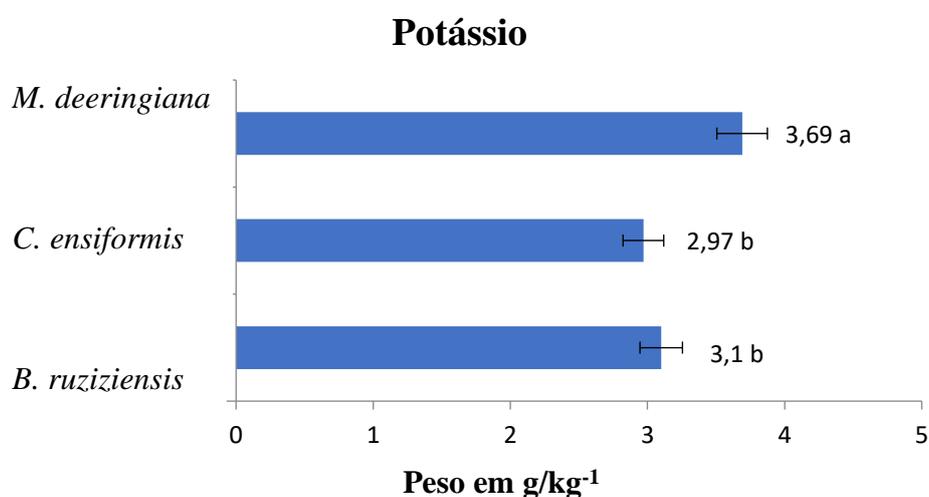
As quantidades de nitrogênio acumuladas nessas leguminosas provavelmente estão relacionadas à fixação biológica do N atmosférico, importante informação quando se deseja determinar a melhor estratégia de manejo para a utilização dessas coberturas como condicionadoras do solo (MENDONÇA et al. 2017). Portanto, o nitrogênio é o único elemento em que as plantas conseguem crescer no solo sem extrair do mesmo (AITA et al. 2001).

Essas leguminosas por apresentarem em seu conteúdo vegetal os maiores teores de nitrogênio, são também as que possuem a menor relação C/N. quando comparado com

a *B. ruziziensis*. Essa relação é importante para que o nitrogênio seja mineralizado e se torne disponível mais rapidamente ao solo (ACOSTA et al. 2014).

Os menores teores de nitrogênio foram encontrados na *B. ruziziensis* (23,35 g kg<sup>-1</sup>). Possivelmente, esse menor teor do nutriente acumulado pode estar relacionado a menor produção de matéria seca da mesma.

Em relação ao potássio, *M. deeringiana* também apresentou o melhor teor, diferindo significativamente entre as coberturas. *B. ruziziensis* e *C. ensiformis* não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 4).

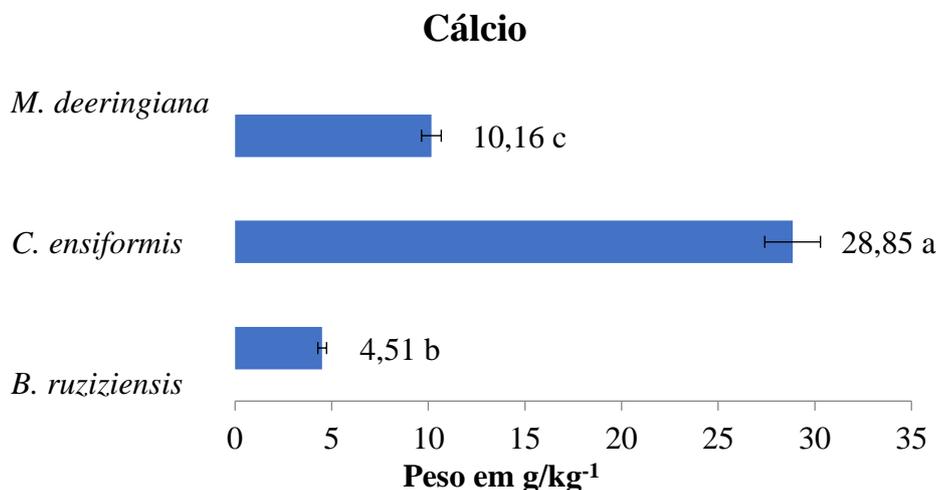


**Figura 4.** Teor de potássio remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018. \*Médias seguidas de letras iguais em colunas não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A utilização da *M. deeringiana* como planta de cobertura pode ser uma boa opção em áreas onde são baixos os níveis de potássio, considerando sua capacidade de produção de fitomassa, acúmulo e disponibilização deste nutriente durante os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (TEODORO et al. 2011; XAVIER et al. 2017).

Além da maior produção de matéria seca, a eficiência na absorção deste elemento é fator primordial para determinar a quantidade de teores totais do potássio. A efetiva absorção deste elemento no solo ocorre a partir da difusão e em menor parte por fluxo de matéria, através do contato entre as raízes e os íons de K<sup>+</sup>. A partir do momento que as raízes crescem e se desenvolvem, a superfície de contato aumenta e conseqüentemente a sua absorção (ROSOLEM et al. 2003; TORRES; PEREIRA, 2008; JANEGITZ et al. 2013).

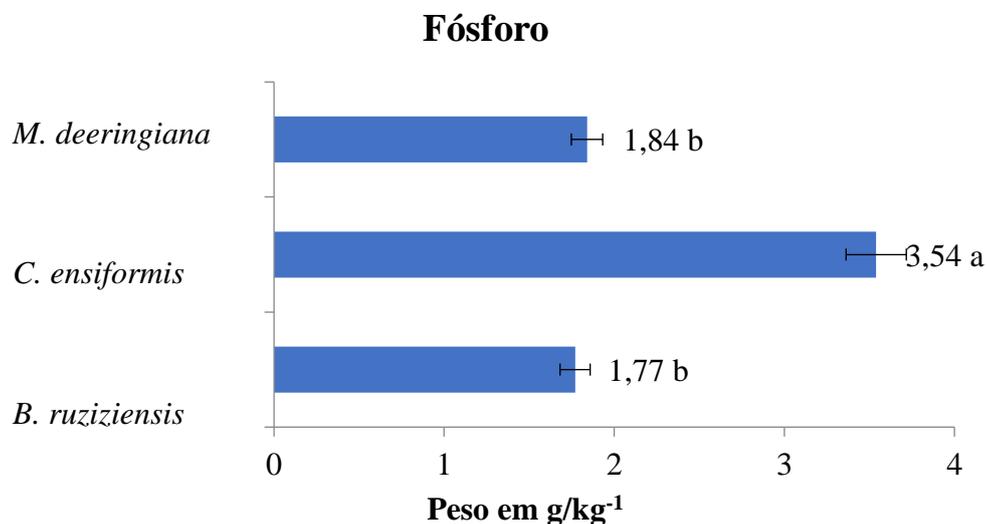
O cálcio foi o segundo elemento mais abundante na fitomassa da parte aérea das plantas de coberturas, com relevância para *C. ensiformis* que apresentou os maiores teores desse nutriente (Figura 5).



**Figura 5.** Teor de cálcio remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM, 2018. \*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de cálcio encontrado em *C. ensiformis* (28,85 g kg<sup>-1</sup>) está acima dos observados por Padovan et al. (2011) e Pereira et al. (2017), que foram de 17,25 g kg<sup>-1</sup> e 27,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo esses autores, o momento ideal para o manejo dessa cobertura é aos 90 dias após a sua emergência, o que corresponde à sua fase reprodutiva entre o florescimento e o estágio de grão leitoso. Neste momento, ocorrem os maiores acúmulos de nutrientes na parte aérea dessa espécie, principalmente de nitrogênio e cálcio. Outros autores, também observaram níveis mais elevados de Ca na parte aérea de *C. ensiformis* em relação a outras leguminosas (MARTI, 2007; TEODORO et al. 2011; RODRIGUES et al. 2012; PEREIRA et al. 2016).

A *B. ruziziensis* apresentou o menor teor de fósforo na parte aérea, mas, não diferiu significativamente de *M. deeringiana*. *C. ensiformis* revelou o maior teor de fósforo (figura 6). Comparativamente, as leguminosas são mais eficientes na absorção de fósforo do que as gramíneas. Esta característica é atribuída às leguminosas pela capacidade que possuem de alterar o pH da rizosfera, pela liberação de prótons e pelo consumo de cátion sobre ânion na fixação biológica de nitrogênio e liberação de carboxilas pelas raízes (VENEKLAAS et al. 2003; PEARSE et al. 2006).



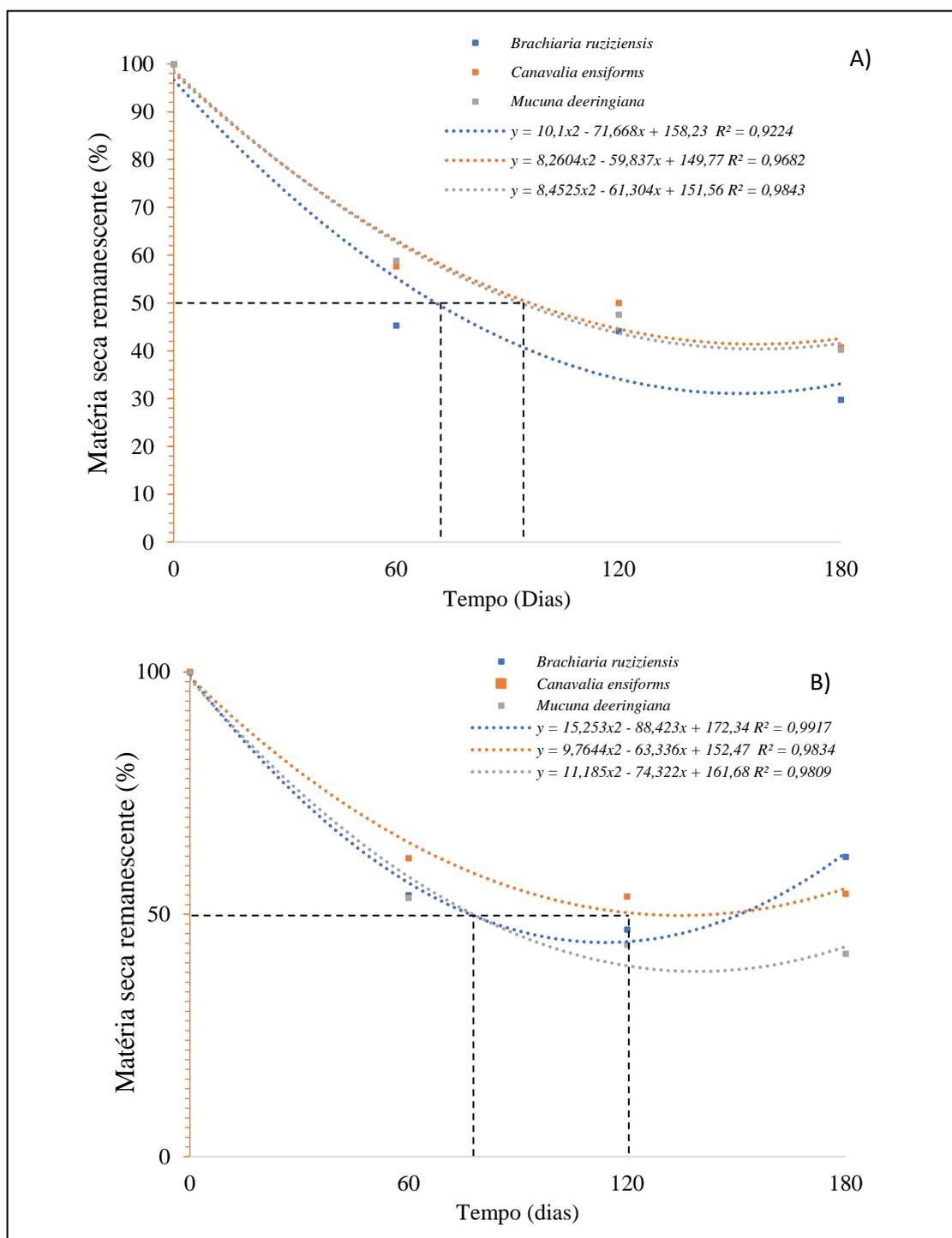
**Figura 6.** Teor de fósforo remanescente na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, Presidente Figueiredo, AM, 2018. \*Médias seguidas de letras iguais em colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As plantas possuem diferentes mecanismos para a absorção de fósforo em formas não lábeis, tornando este elemento acessível. Entre esses mecanismos existem as modificações nas raízes, como o aumento em relação ao número e formação de pêlos radiculares, na exsudação de fosfatases ácidas e compostos orgânicos que podem complexar metais associados aos fosfatos, e associações com micorrizas, que além de aumentar a superfície radicular, ainda podem promover liberação de fosfatase e o estímulo de microrganismos capazes de promover a quebra de compostos orgânicos e liberação de ânion fosfato (JANEGITZ et al. 2013). Portanto, a extração desse elemento é importante pois favorece a liberação e até mesmo a dissolução de fosfatos naturais.

Reconhecer a importância das plantas de cobertura na absorção dos nutrientes do solo, utilizando estes para o seu crescimento e os liberando através da decomposição da sua fitomassa, são fatores levados em consideração no momento da escolha, como espécie antecessora à cultura comercial, podem ser utilizadas como opção para beneficiar sensivelmente a eficiência da fertilização.

### **Decomposição e dinâmica de liberação dos nutrientes**

Em todas as espécies de cobertura, a dinâmica da decomposição da fitomassa vegetal apresentou um padrão similar nos dois anos agrícolas, decrescendo com o tempo (Figura 7).



**Figura 7.** Matéria seca das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 (Figura 6A) e 2018 (Figura 6B). Presidente Figueiredo-AM, 2017 - 2018.

O modelo de regressão que melhor se ajustou foi o quadrático, que, segundo Wieder e Lang (1982) é capaz de descrever a variação da perda de matéria de resíduos

vegetais, em um intervalo de tempo conhecido. Todos os modelos ajustados apresentaram  $R^2$  superior a 0,9.

No ano agrícola 2017, as espécies de cobertura apresentaram comportamentos diferentes entre si, quanto à taxa de decomposição. Os menores valores para constante de decomposição foram registrados para *M. deeringiana* e *C. ensiformis* (Tabela 3). Essas duas leguminosas tiveram 50% ( $T^{1/2}$ ) da matéria seca decomposta com média de 115 dias.

**Tabela 3.** Constante de decomposição (K) e tempo de meia-vida ( $T^{1/2}$ ) em relação à fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 e 2018. Presidente Figueiredo-AM, 2017 - 2018.

Variável	Constante de decomposição (K) (g g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )			Tempo de meia-vida ( $T^{1/2}$ ) (dias)		
	2017					
	<i>B.</i> <i>ruzizensis</i>	<i>C.</i> <i>ensiformis</i>	<i>M.</i> <i>deeringiana</i>	<i>B.</i> <i>ruzizensis</i>	<i>C.</i> <i>ensiformis</i>	<i>M.</i> <i>deeringiana</i>
Matéria seca	0,00806	0,00598	0,00606	85	115	114
Nitrogênio	0,00362	0,00229	0,00197	191	302	352
Potássio	0,01484	0,01307	0,01636	46	53	42
Cálcio	0,00324	0,00274	0,00179	214	252	387
2018						
<i>B.</i> <i>ruzizensis</i>	<i>C.</i> <i>ensiformis</i>	<i>M.</i> <i>deeringiana</i>	<i>B.</i> <i>ruzizensis</i>	<i>C.</i> <i>ensiformis</i>	<i>M.</i> <i>deeringiana</i>	
Matéria seca	0,00633	0,00408	0,00580	109	170	119
Nitrogênio	0,00148	0,00227	0,00171	468	305	406
Potássio	0,01003	0,01328	0,01195	69	52	58

Em estudos sobre a constante de decomposição da *C. ensiformis*, também foi verificado meia-vida de 120 dias (PEREIRA et al. 2016). Apesar das leguminosas serem conhecidas por possuírem a menor relação C/N em relação as gramíneas, as mesmas apresentaram a decomposição mais lenta, o que pode ser justificada pela ausência de precipitações durante o mês de novembro de 2017 (Figura 1).

Essa decomposição mais lenta também pode ser vantajosa, uma vez que proporciona a maior quantidade de resíduos sobre o solo, contribuindo na manutenção da umidade e controle de plantas infestantes.

*Brachiaria ruzizensis* apresentou menor quantidade de matéria seca remanescente durante todo o período avaliado (Figura 7A), com a maior constante de

decomposição e  $T^{1/2}$  aos 85 dias (Tabela 3). Outros trabalhos também relacionam a *B. ruzizensis* com valor baixo para a meia-vida (CARVALHO et al. 2013; SILVA FILHO et al. 2018), que justificaram este valor pela baixa concentração de lignina e menor razão de lignina/N na matéria seca da parte aérea da planta.

A rápida velocidade de decomposição dos resíduos vegetais na fase inicial pode ser explicada também pelo fato de compostos orgânicos, principalmente carboidratos solúveis em água, presentes no material vegetal, serem utilizados como fonte de energia pelos microorganismos do solo, ou também pela umidade na área, a qual acelera o processo de decomposição (ROBERTSON & GROFFMAN, 2007; ACOSTA et al. 2014).

Em relação a decomposição da matéria seca no ano agrícola de 2018 (Figura 7B), o comportamento foi similar entre as espécies, ou seja, ocorreu decomposição inicial rápida, com velocidade mais lenta entre 80 e 180 dias. Esse comportamento pode ser explicado pela diminuição da precipitação no período de outubro de 2018 (Figura 1) reduzindo a velocidade de decomposição, e com isso os valores de matéria seca remanescente terem aumentado.

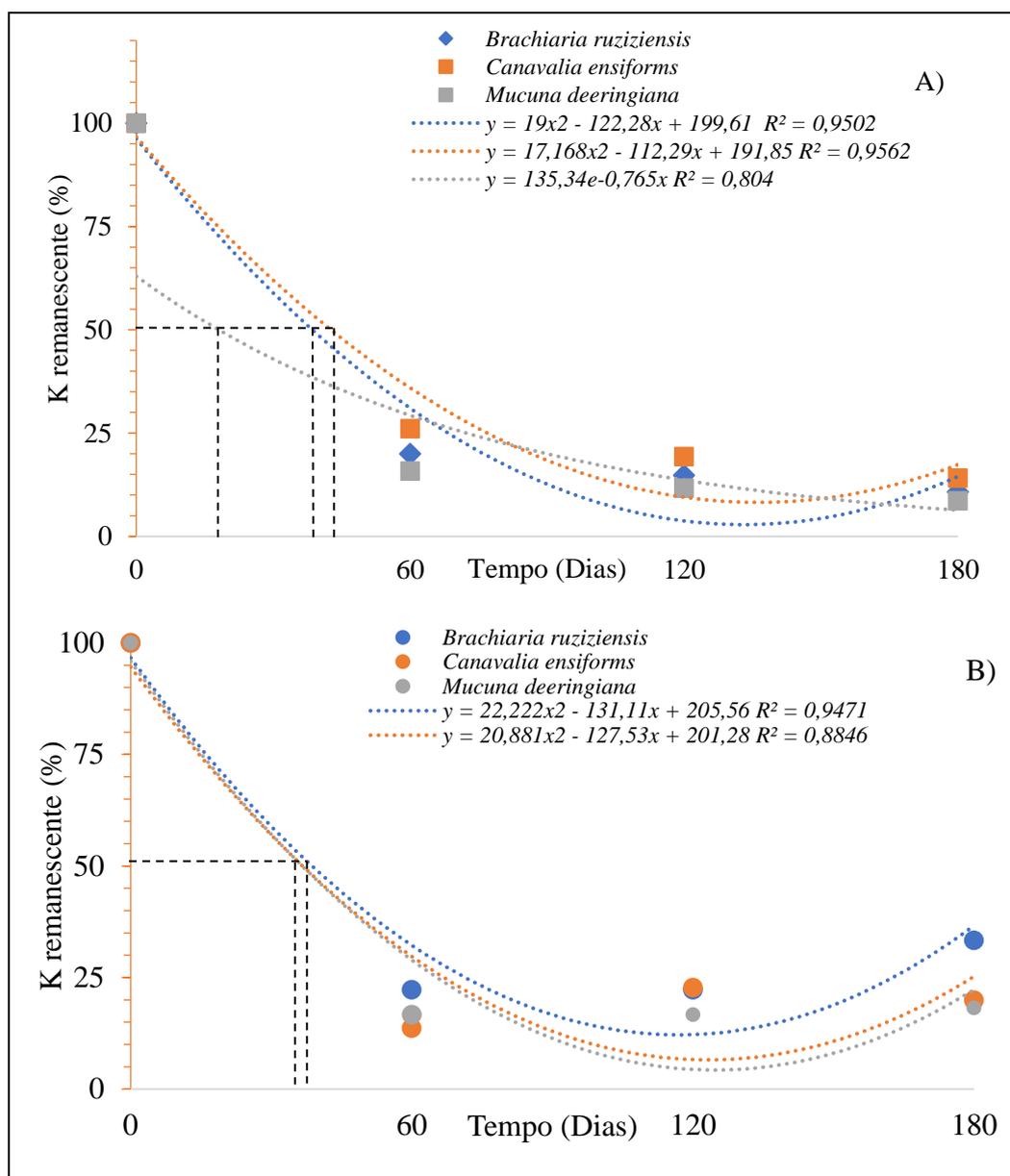
Um ponto importante a ser levado em consideração é a falta de contato direto dos resíduos com o solo, devido à utilização das bolsas de decomposição, o que também impede a entrada de insetos e organismos decompositores, retardando os processos naturais de decomposição (PEREIRA et al. 2016).

No entanto, *M. deeringiana* e *B. ruzizensis* obtiveram taxas próximas, apresentando  $T^{1/2}$  em média de 114 dias (Tabela 3). Enquanto *C. ensiformis*, apresentou maiores taxas de matéria seca ao longo do período e apresentando menores taxas de decomposição, conseqüentemente levando mais tempo (170 dias) para decompor 50% de sua matéria seca, indicando maior resistência a decomposição, em comparação às demais coberturas (Tabela 3).

A decomposição da fitomassa vegetal depende da microbiota do solo e a influência de fatores ambientais, sendo o índice de precipitação pluviométrica o principal agente nesse processo, influenciando a umidade do solo (CARVALHO & SODRE FILHO, 2000).

Comparando a taxa de decomposição obtida nos dois anos de pesquisa, acredita-se que as diferenças observadas sejam devidas às condições de precipitação. No primeiro ano, quando a precipitação foi de 2.974,08 mm (Figura 1) foram feitos os cortes das plantas de cobertura e a introdução das bolsas de decomposição no mês de agosto, enquanto, no segundo ano, essas práticas foram realizadas no mês de junho, que compreende o início do verão, meses mais quentes e secos, com temperaturas em torno dos 38°C. Além disto, neste ano, foram verificados menores índices de precipitação anual (2.399,70 mm).

Quanto ao comportamento dos nutrientes ao longo dos períodos, para o potássio, as espécies *B. ruzuziensis* e *C. ensiformis* tiveram ajustes dos dados na função quadrática, com acentuada liberação inicial deste elemento e posterior redução, em decorrência da baixa quantidade do K remanescente no tecido vegetal (Figura 8).



**Figura 8.** Teor de potássio das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 (Figura 8A) e 2018 (Figura 8B). Presidente Figueiredo-AM, 2017 - 2018.

A menor taxa de decomposição do potássio no ano agrícola 2017 (Figura 8A) foi encontrada em *C. ensiformis*, com liberação mais lenta com  $T^{1/2}$  de 53 dias. *B. ruziziensis* e *M. deeringiana* apresentaram velocidades de decomposição aproximadas, com média de  $T^{1/2}$  em 44 dias (Tabela 3).

Além da cobertura *M. deeringiana* ser a espécie com maior teor de K (Figura 4), também apresentou a maior taxa de decomposição. Podendo, portanto, ser indicada no manejo de médio a longo prazo, com aproveitamento mais extenso através da ciclagem deste nutriente. Para este tratamento, ajustou-se um modelo linear para explicar o decréscimo de K remanescente ao longo do período de avaliações.

No ano agrícola de 2018 (Figura 8B), *M. deeringiana* e *C. ensiformis* apresentaram valores próximos em relação ao teor deste nutriente e a taxa de liberação, com média de  $T^{1/2}$  em 55 dias (Figura 8B). Entretanto, *B. ruziziensis* apresentou os maiores teores de potássio (Figura 8) e menores taxas de decomposição, com  $T^{1/2}$  aos 69 dias (Tabela 3).

A falta de contato direto dos resíduos remanescente com o solo pode ter influenciado na diminuição das taxas de mineralização em determinados períodos de avaliação. Como por exemplo, ao final do experimento, as concentrações desses elementos apresentaram, uma tendência de aumento, quando deveria ser de declínio.

Outros autores também relatam a facilidade com que o elemento K é liberado durante a sua decomposição (XAVIER et al. 2017; CATTANIO et al. 2008; OLIVEIRA et al. 2008; OLIVEIRA 2010; TEIXEIRA et al. 2011). Segundo estes autores, estes resultados podem estar relacionados à forma de compartimentalização do K na planta, que se apresenta em sua maioria na forma do íon potássio, que é uma fração solúvel e facilmente removida.

A facilidade com que o K é liberado no momento da decomposição dos resíduos das plantas de cobertura, torna-se fato importante quando se deseja trabalhar com culturas exigentes nesse nutriente, de preferência com ciclos curtos, para que ocorra uma conciliação da quantidade liberada com a quantidade exigida pela cultura principal.

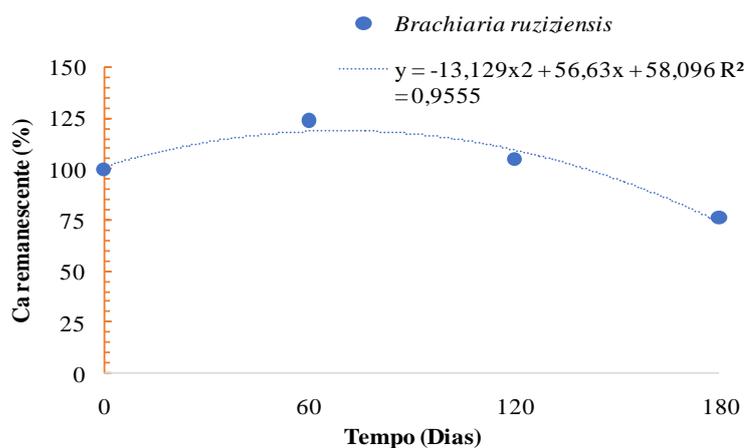
De forma geral, independente da espécie, o potássio é um elemento de rápida liberação. Esta rápida liberação está associada à lixiviação como forma de disponibilizar este nutriente ao solo, visto que o potássio não é um componente estrutural e a sua maior parte está na forma solúvel em água (LUPWAYI et al. 2006 ; GAMA-RODRIGUES et al. 2007; XAVIER et al. 2017).

Para a decomposição de Ca a análise de regressão foi significativa apenas para a *B. ruziziensis*, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 9). Esta cobertura apresentou as maiores taxas de decomposição com  $T^{1/2}$  de 214 dias (Tabela 3).

A análise de regressão para o ano agrícola 2018 não foi significativo, entretanto, a cobertura *C. ensiformis* apresentou o maior acúmulo de Ca dentre as coberturas (Figura 4) e com média de  $T^{1/2}$  de 252 dias (Tabela 3).

Diferentes trabalhos comprovam a baixa taxa de liberação de Ca entre as plantas de cobertura, estando em condições próximas a este trabalho (altas temperaturas e pluviosidade), sendo a época do manejo padronizada à floração (COBO et al. 2002; PERIN et al. 2010). Portanto, esta baixa taxa de liberação de Ca é um fator intrínseco desse nutriente.

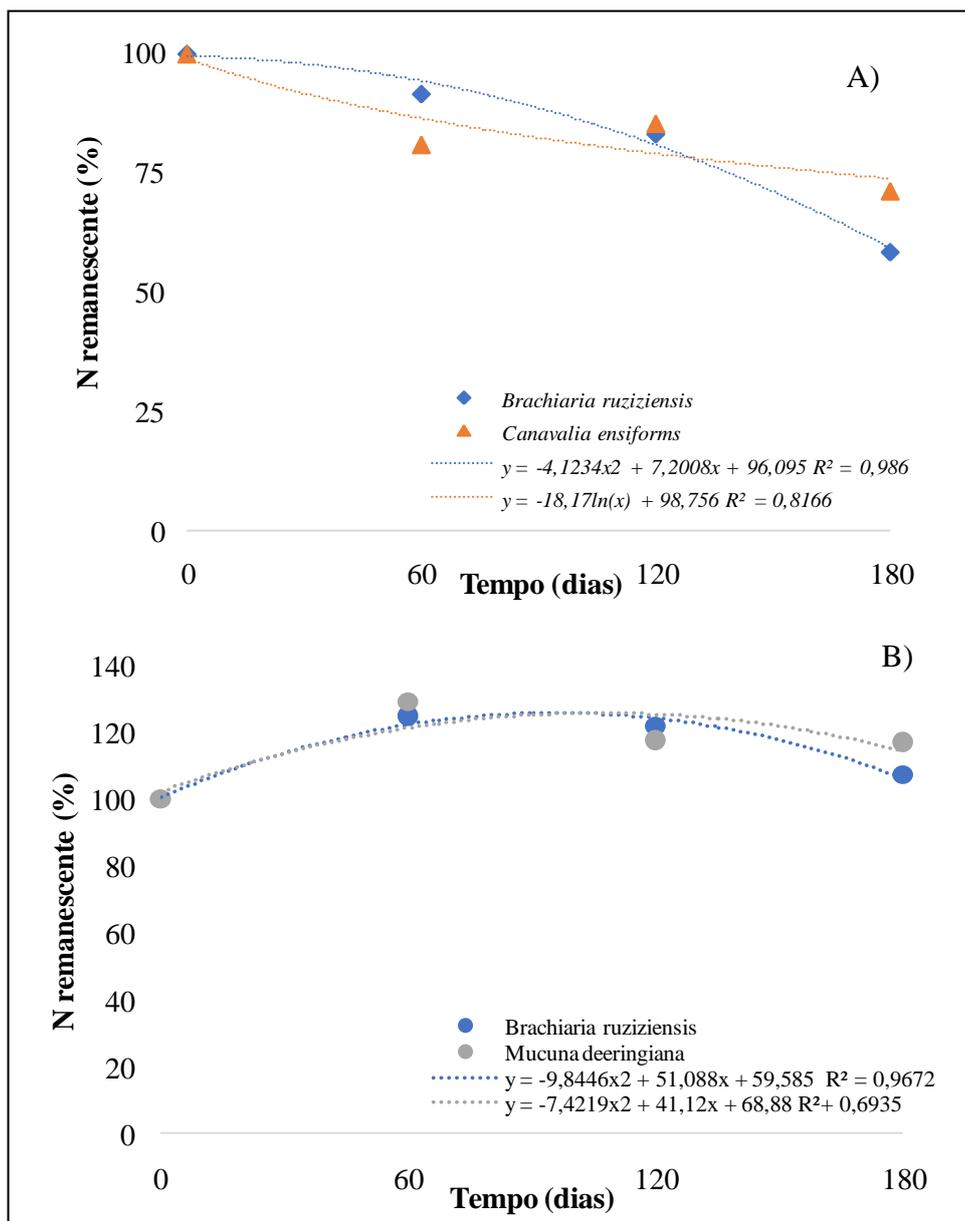
A liberação lenta de Ca está ligada ao fato de ser um constituinte da lamela média da parede celular formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais (TAIZ E ZEIGER, 2013; VITTI et al. 2006).



**Figura 9.** Teor de cálcio das plantas de cobertura *B. ruziziensis* em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação. Presidente Figueiredo-AM, 2017.

Apesar de existir um comportamento geral de decomposição e liberação dos nutrientes Ca e N, cada espécie apresenta um padrão particular de mineralização dos nutrientes.

No ano agrícola de 2017, a cobertura *C. ensiformis* teve uma baixa taxa de decomposição, com  $T^{1/2}$  em 302 dias para o N (Figura 10A).



**Figura 10.** Teor de nitrogênio das plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, durante quatro períodos de avaliação, em dois anos agrícolas, 2017 (Figura 10 A) e 2018 (Figura 10 B). Presidente Figueiredo- AM, 2017-2018.

Em outros estudos, as leguminosas também liberaram nutrientes mais lentamente que os materiais das outras espécies (XAVIER et al.2017).

A *B. ruziziensis* apresentou o menor acúmulo de nitrogênio (Figura 3) e teve a liberação mais rápida deste elemento em relação às demais coberturas, com  $T^{1/2}$  em 191 dias (Tabela 3).

Normalmente, a alta concentração de nitrogênio é que tem influência na baixa relação C/N, o que potencializa a decomposição. Entretanto, em estudos com cana-de-açúcar, a adubação nitrogenada aumentou consideravelmente a velocidade de decomposição, comprovando que o mais importante é a disponibilidade de N para as bactérias, para que ocorra a mineralização da matéria orgânica, e não necessariamente apenas uma baixa relação C/N da palhada (POTRICH et al. 2014).

Este tipo de resultado auxilia na tomada de decisão no momento da escolha da espécie, pois esta deve estar de acordo com a função a ser exercida no plano de manejo, sugerindo que a *B. ruzizensis* pode ser utilizada de curto a médio prazo para cobertura do solo e reciclagem de N, o que pode ser importante para o condicionamento a curto prazo da fertilidade química do solo (XAVIER et al. 2017).

A análise de regressão não foi significativa apenas para *M. deeringiana* no primeiro ano e *C. ensiformis* no segundo (Figura 10 B).

No segundo ano, a *B. ruzizensis* e *M. deeringiana*, apresentaram comportamento semelhante, com as menores taxas de decomposição, e  $T^{1/2}$  em 468 e 406 dias (Tabela 3). *M. deeringiana* apresentou boa capacidade de acumular N na fitomassa (Figura 3), todavia, sua dinâmica de decomposição mostrou padrões diferentes na liberação desse elemento.

O estudo da taxa de decomposição, juntamente com a produção de matéria seca e liberação dos nutrientes, podem ser manejados de acordo com as necessidades da cultura do guaranazeiro, pois como exemplo, o nitrogênio, quando liberado em grandes quantidades, dependendo da época e das condições climáticas da região, pode ser perdido por lixiviação e/ou ser imobilizado (TORRES et al. 2005).

Portanto, conhecer a dinâmica de liberação desses nutrientes da fitomassa das espécies de coberturas que antecedem ou utilizadas em consórcio, como no caso deste estudo, é importante para que se possa conciliar a liberação de nutrientes juntamente com a persistência desses resíduos culturais na superfície do solo (BOER et al. 2007; KLIEMANN et al. 2006). Assim como uma excelente estratégia para aumentar a sustentabilidade desses sistemas, diminuindo a necessidade de aporte de insumos externos (DUARTE et al. 2013).

As diferentes taxas de decomposição, juntamente com os teores utilizados para liberação de nutrientes, demonstram a necessidade de manejar essas espécies de acordo

com o objetivo específico na região amazônica. Para funções como a cobertura do solo, podem ser utilizadas espécies que possuem um tempo maior de meia-vida, como a *M. deeringiana* e *C. ensiformis*, com rápida liberação de determinados nutrientes.

O conhecimento sobre a liberação dos nutrientes é importante quando se deseja implementar as plantas de cobertura em consórcio com outras culturas de interesse comercial. Como exemplo, a espécie *C. ensiformis* apresenta baixo potencial de cobertura, no entanto, pela sua rápida decomposição, pode liberar mais rapidamente os nutrientes, o que pode ser importante para o condicionamento a curto prazo da fertilidade química de um solo.

### **CONCLUSÃO**

*M. deeringiana* apresentou as maiores produções de matéria seca e teores de nitrogênio e potássio.

*C. ensiformis* acumulou as maiores concentrações de cálcio, magnésio e fósforo.

*B. ruzizensis* obteve a maior taxa de decomposição da matéria seca.

*C. ensiformis* forneceu as maiores taxas de liberação de potássio e de nitrogênio.

*B. ruzizensis* liberou as maiores taxas de nitrogênio e de cálcio.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- AZANIA, C. A. M.; HIRATA, A. C. S.; AZANIA, A. A. P. M. Biologia e manejo químico de corda-de-violão em cana-de-açúcar. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 2011.
- BOER, Carlo Adriano et al. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas. Vol. 32, no. 2 (mar./abr. 2008), p. 843-851, 2008.
- BORDIN, I. et al. Crescimento de milheto e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, 2008.
- CARVALHO, AM de; SODRÉ FILHO, Joilson. Uso de adubos verdes como cobertura do solo. **Planaltina: Embrapa-CPAC**, 2000.
- CATTANIO, José Henrique; KUEHNE, Ronald; VLEK, Paul LG. Organic material decomposition and nutrient dynamics in a mulch system enriched with leguminous trees in the Amazon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1073-1086, 2008.
- CAVALLI, E. et al. Decomposition and release of nutrients from crop residues on soybean-maize cropping systems. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences.**, v. 13, n. 2, 2018.
- COBO, J. G. et al. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v. 240, n. 2, p. 331-342, 2002.
- COLLIER, L. S. et al. Soil chemical attributes and corn productivity grown on legume stubble in agroforestry systems. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 279-289, 2018.
- COSTA POTRICH, Douglas et al. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, 2014.

DA SILVA, M. P. et al. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, 2017.

DE CARVALHO, Cassia et al. Densidade populacional de *Pratylenchus* spp. em pastagens de *Brachiaria* spp. e sua influência na disponibilidade e na qualidade da forragem. **Revista Ceres**, p. 30-37, 2013.

DUARTE, Edivânia MG et al. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. **Agroforestry systems**, v. 87, n. 4, p. 835-847, 2013.

ESPÍNDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n.2, p.321-328, 2006.

FARINELLI, Rogério; LEMOS, Leandro Borges. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 63-70, 2012.

GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos da; FORESTIERI DA GAMA-RODRIGUES, Emanuela; BRITO, Elio Cruz de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, 2007.

JANEGITZ, Moniki Campos; INOUE, Beatriz Shizue; ROSOLEM, Ciro Antonio. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, p. 1381-1386, 2013.

KLIEMANN, Huberto José; BRAZ, Antonio Joaquim Pereira Braga; SILVEIRA, Pedro Marques da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 36, n. 1, p. 21-28, jan./abr. 2006.

LUPWAYI, N. Z. et al. Soil nutrient stratification and uptake by wheat after seven years of conventional and zero tillage in the Northern Grain belt of Canada. **Canadian journal of soil science**, v. 86, n. 5, p. 767-778, 2006.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006.

MARTI, J.F. **Potencial de uso de leguminosas como fonte de nitrogênio para as culturas**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, CE, 2007.

MENDONÇA, Eduardo de Sá et al. Biological nitrogen fixation by legumes and N uptake by coffee plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

NEVINS, C. J. et al. Characterization of microbial community response to cover crop residue decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**.v.127, p. 39-49, 2018.

OLIVEIRA, F. L. et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição de resíduos de leguminosas em solos de cerrado do estado do Tocantins, Brasil. **Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, 2008.

OLIVEIRA, Fábio L. de et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição de leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, 2010.

PACHECO, Leandro Pereira et al. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

Padovan, M.P.; Motta, I.S.; Carneiro, L.F.; Moitinho, M.R. & Fernandes, S.S.L.– Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, vol. 6, n. 3, p. 182-190. 2011.

PEARSE, S.J.; VENEKLAAS, E.J.; CAWTHRAY, G.R.; BOLLAND, M.D.A.; LAMBERS, H. Carboxylate release of wheat, canola and 11 grain legume species as affected by phosphorus status. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 288, p.127-139, 2006.

PEREIRA, Alan P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 120-129, 2017.

PEREIRA, Natanael Santiago; SOARES, Ismail; MIRANDA, Fábio Rodrigues de. Decomposition and nutrient release of leguminous green manure species in the Jaguaribe-Apodi region, Ceará, Brazil. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 970-975, 2016.

PERIN, Adriano et al. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. **Ceres**, v. 57, n. 2, 2015.

PISSINATI, A. et al. Yield components and nutrients content in summer cover plants used in crop rotation in no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, p. 1-13, 2018.

ROBERTSON, G. Philip; GROFFMAN, P. M. Nitrogen transformations. In: **Soil microbiology, ecology and biochemistry**. Academic Press, p. 341-364. 2007.

RODRIGUES, GB et al. Fotografar biomassa e nutrientes do adubo verde em monoculturas e sistemas consorciados. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p.380-385, 2012.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C. & FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:355-362, 2003.

SCHMIDT, Radomir et al. Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil. **PloSone**, v. 13, n. 2, p. e0192953, 2018.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximum***. 1998. 88 f. Tese (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

SILVA FILHO, J. L. et al. Dry matter decomposition of cover crops in a no-tillage cotton system. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 264-270, 2018.

SILVA FILHO, JOÃO LUÍS DA; BORIN, ANA LUÍZA DIAS COELHO; FERREIRA, ALEXANDRE CUNHA DE BARCELLOS. DRY MATTER DECOMPOSITION OF COVER CROPS IN A NO-TILLAGE COTTON SYSTEM. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 264-270, 2018.

SOARES, D. O. P. et al. Período de interferência das plantas daninhas na cultura do Guaranazeiro. **Dissertação**. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 2017.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MAFFEI, Massimo. **Fisiologia vegetal**. Piccin, 2013.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985, 188p. (Boletim técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, M. B. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

TEODORO, Ricardo Borges et al. Agronomic aspects of leguminous to green fertilization in the Cerrado of the High Jequitinhonha Valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 635-640, 2011.

THOMAS, Richard J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, J.L.R. & PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:1609-1618, 2008.

TORRES, José Luiz Rodrigues et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 609-618, 2005.

VENEKLAAS, Erik J .; PÉ, Pieter. Padrões sazonais no uso da água e no turnover foliar de diferentes tipos funcionais de plantas em uma floresta rica em espécies, no sudoeste da Austrália. **Plant and Soil** , v. 257, n. 2, p. 295-304, 2003.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. **Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 299-325, 2006.

WIEDER, RK; LANG, GE Uma crítica dos métodos analíticos usados no exame de dados de decomposição obtidos de litterbags. **Ecology**, v.63, p.1636-1642, 1982.

XAVIER, Francisco Alisson da Silva; OLIVEIRA, Jose Ivo Aragão; SILVA, Marcos Roberto da. Decomposition and Nutrient Release Dynamics of Shoot Phytomass of Cover Crops in the Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

### CAPÍTULO III

#### TEORES DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DO GUARANAZEIRO EM FUNÇÃO DO CONSÓRCIO COM PLANTAS DE COBERTURA

##### RESUMO

A produtividade do guaranazeiro pode ser influenciada negativamente pela presença de plantas infestantes e uma das técnicas utilizadas no seu controle é a utilização de plantas de cobertura. Estas plantas apresentam inúmeros benefícios como a supressão das infestantes, melhoria nas propriedades químicas e físicas do solo e ciclagem de nutrientes, conciliando tanto proteção do solo e supressão de plantas infestantes como melhoria na adubação e em consequência na produtividade do guaranazeiro. Portanto, este trabalho teve por objetivo determinar os efeitos das plantas de cobertura no estado nutricional, na produtividade de sementes secas e na concentração de cafeína nestas. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos: T1 – *Brachiaria ruziziensis*, T2- *Canavalia ensiformis*, T3- *Mucuna deeringiana*, T4– Roçagem de plantas infestantes, T5 – Controle químico e T6 – Testemunha com plantas infestantes em livre crescimento, com quatro repetições. Foram avaliadas as características: nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), produtividade e a concentração de cafeína nas sementes. O manejo das plantas infestantes com plantas de cobertura e roçagem influenciam positivamente os teores de nitrogênio, potássio e cálcio nas folhas do guaranazeiro. As concentrações de cafeína nas sementes do guaranazeiro são elevadas apenas com a planta de cobertura *Canavalia ensiformis*.

Palavras chave: Produção, nutrição mineral, metilxantinas

### CHAPTER III

#### NUTRIENT CONTENTS AND PRODUCTIVITY IN THE GUARANAZEIRO IN THE FUNCTION OF THE CONSORTIUM WITH PLANTS OF COVERAGE

##### ABSTRACT

The guarana productivity can be negatively influenced by the presence of weed and one of the techniques used in its control is the use of cover crops. These plants present many benefits such as weed suppression, improvement in chemical and physical properties of soil and nutrient cycling, reuniting soil protection and weed suppression, as well as improving the soil fertility and consequently the guarana productivity. Therefore, the objective of this study was to determine the effects of cover crops on nutritional status, dry seed yield and caffeine concentration in guarana seeds. The experimental was arranged in a randomized complete block design with four replications and six treatments: T1 - *Brachiaria ruziziensis*, T2 - *Canavalia ensiformis*, T3 - *Mucuna deeringiana*, T4 – Mechanical weeding, T5 - Chemical control and T6 – Untreated with free growth of weed. The following characteristics were evaluated: nutrients (N, P, K, Ca and Mg), productivity and caffeine concentration in guarana seeds. Weed management with cover crops and brushing positively influence nitrogen, potassium and calcium contents in guarana leaves. The highest level of caffeine was found in *Canavalia ensiformis* treatment.

**Key words:** Production, mineral nutrition, methylxanthines

## INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma planta nativa da região amazônica com grande potencial econômico, onde o atrativo está na composição química de suas sementes, que possuem alto teor de cafeína (SCHIMPL, 2014). A maior destinação desta semente é para a indústria de refrigerantes, que utiliza cerca de 45% da oferta nacional, sendo o restante do produto processado para produção de xarope, comercializado nas formas de pó e extratos (PINTO et al. 2018).

A boa produtividade do guaranazeiro é fator importante para os produtores, entretanto, esta produção de frutos pode ser influenciada pela presença de plantas infestantes, que competem com a cultura principal por luz, água e nutrientes, podendo determinar perdas de até 65% da sua produção (SOARES, 2017).

O principal método de controle de plantas infestantes empregado no guaranazeiro, na maior parte das vezes, é o controle químico. Porém, este procedimento vem sendo questionado devido ao aumento do custo de produção e da exigência do consumidor em adquirir alimentos mais saudáveis. Todavia, em consequência da escassez de informações específicas sobre os diferentes tipos de controle das plantas infestantes na cultura do guaranazeiro, as práticas de cultivo utilizadas são, em geral, as mesmas recomendadas para o sistema de plantio convencional, utilizando capina ou herbicida.

Uma técnica bastante utilizada no controle de plantas infestantes é a utilização das plantas de cobertura, que podem causar modificações na população das espécies infestantes em razão dos efeitos alelopáticos e da competição por luz, água, oxigênio e nutrientes, e com isso, pode propiciar a supressão destas (FAVERO et al. 2001; CORREIA et al. 2006).

Outros benefícios também são obtidos com a utilização das plantas de cobertura, como melhoria nas propriedades químicas e físicas do solo (MUNKHOLM, & DEEN, 2013; ROARTY & SCHMIDT, 2017), ciclagem de nutrientes (COOPER et al. 2017 ; WENDLING et al. 2016 ) e proteção do solo, por meio da palhada da cobertura, contra a radiação solar, reduzindo a taxa de evapotranspiração das culturas e

proporcionando aumento no intervalo entre irrigações (LIMA FILHO et al., 2014; HASSLER et al. 2011; SCHEFFLER et al. 2011).

Todos esses benefícios podem acontecer de forma bastante variável, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à fitomassa, da época de semeadura e de corte, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al. 2000). Esses efeitos ambientais e agrônômicos positivos das culturas de cobertura podem compensar o custo de sua semeadura.

Dentre as espécies mais empregadas na produção de fitomassa sobre o solo, as Fabaceae são conhecidas por fixarem nitrogênio atmosférico e apresentarem baixa relação C/N, o que juntamente com a presença de compostos solúveis e a reduzida quantidade de lignina e polifenóis, auxilia na rápida decomposição e mineralização, com expressiva contribuição de nitrogênio ao sistema solo-planta. Entretanto, são espécies que possuem menor potencial de cobertura do solo (FERREIRA et al. 2011; PARTELLI et al. 2011).

Dentre as Fabaceae mais utilizadas como adubo verde e cobertura vegetal, estão a *Mucuna deeringiana* e *Canavalia ensiformis*. A mucuna e o feijão-de-porco são espécies altamente rústicas, adaptadas às condições de deficiência hídrica e altas temperaturas, o que as tornam algumas das principais espécies utilizadas como plantas de cobertura (TAVARES JUNIOR et al. 2015).

Por outro lado, as Poaceae podem contribuir com grande quantidade de matéria seca sobre o solo, pois a sua alta relação C/N pode aumentar a persistência da cobertura no solo, sendo a *Brachiaria ruziziensis* uma das principais espécies utilizadas (PERIN et al. 2004). Em suma, o consórcio dessas espécies pode elevar a produção de fitomassa, podendo conciliar tanto proteção do solo e supressão de plantas infestantes como melhoria na adubação e em consequência, na produtividade da cultura principal.

Além da ciclagem de nutrientes que beneficiam as culturas principais, o consórcio com as coberturas vegetais também tem influenciado no aumento da produtividade de frutos, através do sombreamento do solo, diminuição da perda de água por evaporação e a liberação de substâncias alelopáticas que inibem o aparecimento de plantas infestantes (COELHO et al. 2013).

As plantas de cobertura contribuem para tornar a produção de frutos mais sustentável, apresentando flexibilidade no seu uso, podendo ser incorporadas ao solo na forma de adubação verde ou não, serem rotacionadas com a cultura principal ou apenas em consórcio ou sucessão (TEODORO et al.2011). Portanto, as plantas de cobertura são culturas multifuncionais com diferentes impactos nos serviços ecossistêmicos, e suas vantagens e desvantagens devem ser avaliadas como aspecto fundamental na hora da escolha, especificando a sua utilização (BLANCO-CANQUI et al. 2015).

São escassos os trabalhos com o objetivo de avaliar o desempenho da cultura do guaranazeiro cultivado em consórcio com as plantas de cobertura. Desse modo, avaliar cientificamente essas coberturas, para que possam ser explorados e conhecidos seus efeitos sobre a cultura, bem como sua viabilidade ou não viabilidade na produção do guaranazeiro é necessária e poderá contribuir com alternativas sustentáveis para o seu manejo.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito das plantas de cobertura sobre o estado nutricional do guaranazeiro (N, P, K, Ca e Mg), produção de frutos e na concentração de cafeína no guaranazeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em plantio comercial de guaranazeiro localizado na Fazenda da Agropecuária Jayoro, Município de Presidente Figueiredo, AM, Brasil (01°57'24" S, 60°08'31" W), distante a cerca de 120 km da cidade de Manaus, ao longo da rodovia BR-174.

O solo foi classificado como latossolo amarelo distrófico, a altitude da área experimental é de 122 m, precipitação pluviométrica média anual de 2.500 mm, conforme Jayoro (2017) e a temperatura média anual é de 35° C.

**Tabela 1.** Composição química e granulométrica de amostras de solo coletada antes da implantação do experimento.

Profundidade	pH	P	K	MO	Ca	Mg	Al	t	T	SB	H <sup>+</sup> AL <sup>-1</sup>	V	M
(m)	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>							(%)		
0,00- 0,10	3,9	2	24	2	0,1	0,1	1,1	1,4	8,3	0,26	8	3,17	80,8

\*P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátion; SB : soma de bases; H<sup>+</sup> AL<sup>-1</sup> : acidez potencial; V: saturação de bases; m: saturação em alumínio.

A correção do solo foi realizada por meio da aplicação de calcário dolomítico (PRNT 91%), na dose de 3,35 t ha<sup>-1</sup>, para elevação da saturação de bases a 40%, indicada pelas análises químicas do solo. A adubação com fósforo foi feita com a fonte superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) de acordo com as recomendações para as plantas de cobertura.

O experimento foi instalado em maio de 2017, utilizando-se plantas adultas da cultivar BRS Maués em fase de produção, conduzidas a pleno sol, em espaçamento de 5 m x 5 m. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições e seis tratamentos. Os tratamentos foram: T1 – *Brachiaria ruziziensis*, T2- *Canavalia ensiformis*, T3- *Mucuna deeringiana*, T4– Espécies invasoras com roçada, T5 – Controle químico e T6 – Espécies invasoras em livre crescimento. As unidades experimentais foram compostas de 15 plantas, dispostas em três linhas com cinco plantas com áreas de 400 m<sup>2</sup>.cada, onde foram consideradas três plantas úteis da linha central.

Após o preparo do solo com gradagem leve, foram semeadas as espécies utilizadas como plantas de cobertura. A quantidade necessária de sementes por hectare foi: *Brachiaria ruziziensis*- 9 kg ha<sup>-1</sup>, *Canavalia ensiformis* – 135 kg ha<sup>-1</sup>, *Mucuna Deeringiana* – 80 kg ha<sup>-1</sup>. O plantio da espécie *Brachiaria ruziziensis* foi realizado a lanço, nas linhas e entrelinhas da parcela. *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana* foram semeados a 2 cm abaixo da superfície do solo, no espaçamento de 0,50 m entre linhas e de 10 cm em linha, conforme recomendação do fornecedor.

Após a instalação e o estabelecimento das plantas de cobertura, na fase de floração (90 dias), foi realizada a primeira roçada. O tratamento das invasoras com roçada e químico (herbicida), foram realizados no momento da instalação e durante o período de florescimento das coberturas (90 dias). Para o tratamento químico foi utilizado 3 l/ha do herbicida glifosato (produto comercial), seguindo o manejo adotado pela empresa onde o experimento estava instalado.

Para avaliação do estado nutricional do guaranazeiro, foram retiradas três amostras foliares das três plantas úteis de cada parcela, em ramos vegetativos e folhas totalmente expandidas. No laboratório, as folhas foram lavadas em água corrente, posteriormente mergulhadas em uma solução diluída de detergente neutro (0,1%) e

passadas em água destilada. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem matéria constante. Em seguida as amostras foram preparadas e submetidas à análise química para determinação de N, P, K, Ca, Mg, seguindo os procedimentos descritos por Bataglia et al. (1983).

A produtividade do guaranazeiro foi avaliada por meio da colheita manual dos cachos das plantas da linha central seguida de debulha. Posteriormente, os frutos foram levados para galpão de beneficiamento e pesados para quantificar a produção e determinação de seu peso fresco. Esses valores foram transformados em kg hectare<sup>-1</sup>.

Para a análise de cafeína, após a coleta dos frutos, amostras de cada parcela foram descascadas, lavadas e colocadas em estufa à 60°C, por 3 dias. Em seguida, os grãos de guaraná foram triturados em moinho apropriado e pesadas amostras de 100 mg em uma balança analítica. Cada amostra foi homogeneizada com 5 mL de metanol a 80% em tubos de vidro com tampa rosqueada e mantido em banho térmico a 50 °C durante 2h, com agitação a cada 15 minutos com auxílio de um vortex. Após resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram centrifugadas à 15000 xg durante 20 min e 100 µL do sobrenadante foi diluído em água destilada, na proporção de 1:4. A partir destes extratos, procedeu-se às análises de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de diodo (Shimadzu Inc., Kyoto, Japão) operando em 280 para os polifenóis e 272 nm para as metilxantinas. A separação foi feita em coluna de fase reversa C18 (25 cm x 4,6 mm x 5 µm Allcrom®) sendo a fase móvel (A) água com ácido acético a 1% e (B) metanol, sob um fluxo de 1,2 mL.min<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis analisadas.

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

Para o fator ano agrícola, todos os nutrientes apresentaram efeito significativo, exceto o fósforo. Para as plantas de coberturas isoladamente e em interação com o ano agrícola, apenas fósforo e magnésio não apresentaram significância (Tabela 1).

As análises de variância dos fatores, isolados e em interação, encontram-se nas tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Resumo da Anova para nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de guaranazeiro em função do manejo das infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo, AM, 2017-2018.

FV	G L	QM				
		N	K	P	Ca	Mg
Ano agrícola	2	74,8824 **	74,4704 **	0,035 NS	18,2854 **	6,2366 **
Plantas de cobertura	5	23,2949 **	5,1423 **	0,0545 NS	2,8125 **	0,3071 NS
Ano agrícola x Plantas de cobertura	10	27,7428 **	5,5007 **	0,0296 NS	2,9644 **	0,3571 NS
Resíduo	71	0,2958	0,2958	0,0432 NS	0,2958	0,2793
C. V. (%)		1,64	4,53	15,85	15,37	45,31

\* e \*\* = significativo a 5% e 1 % de probabilidade; NS = não significativo pelo teste F.

O ano agrícola e plantas de cobertura, isolados e em interação, não apresentaram efeito significativo na produtividade do guaranazeiro. Apenas o fator ano teve influência significativa na concentração de cafeína das sementes de guaranazeiro (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da Anova para produtividade de sementes secas e teor de cafeína nas sementes de guaranazeiro, em função do manejo das infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo, AM, 2017-2018.

FV	GL	QM	
		Produtividade	Cafeína
Ano agrícola	1	14837,99273 NS	1,6536 *
Plantas de cobertura	5	6448,03988 NS	0,2053 NS
Ano agrícola x Plantas de cobertura	5	3746,99685 NS	1,0680 NS
Resíduo	36	10851,61938	0,291
C. V. (%)		52,48	12,12

\* e \*\* = significativo a 5% e 1 % de probabilidade; NS = não significativo pelo teste F.

A produtividade do guaranazeiro não foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pelos tratamentos, incluindo o consórcio com as plantas de cobertura. Mesmo com o acúmulo de fitomassa cobrindo o solo e a ciclagem de nutrientes, as plantas de cobertura não proporcionaram efeitos imediatos sobre a produtividade do guaranazeiro.

Outros estudos também não detectaram diferença significativa na produção de culturas em consórcio com as plantas de cobertura. Pacheco et al. (2011) e Pacheco et al. (2013), não identificaram aumento ou redução da produtividade da cultura da soja com base na planta de cobertura cultivada anteriormente.

### Teores nutricionais nas folhas do guaranazeiro

A tabela 4 apresenta as médias dos teores de nitrogênio, potássio e cálcio nas folhas de guaranazeiros em consórcio com as plantas de cobertura.

**Tabela 4.** Médias dos teores de cálcio (Ca), nitrogênio (N) e potássio (K) nas folhas de guaranazeiro cultivado em função do manejo das infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo, AM, 2017-2018.

Manejo	N (g kg <sup>-1</sup> )			K (g kg <sup>-1</sup> )			Ca (g kg <sup>-1</sup> )		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
<i>B. ruzizizensis</i>	31,55 Bd	36,89 Ab	30,8 Bbc	9,90 Cb	11,00 Ba	12,00 Ab	3,05 Aa	3,59 Aab	1,6 Bb
<i>C. ensiformis</i>	34,95 Bbc	38,05 Aa	31,6 Cb	12,65 Ba	10,45 Cab	14,00 Ab	2,93 Ba	4,6 Aa	4,6 Aa
<i>M. deeringiana</i>	34,2 Ac	34,07 Ac	35 Aa	11,55 Ba	11,55 Ba	14,00 Ab	2,91 Ba	3,83 Aab	4,6 Aa
Roçado	31,22 Bd	34,2 Ac	28 Cd	12,37 Ba	10,45 Cab	14,00Ab	2,26 Cab	3,74 Bab	5,0 Aa
Controle químico	37,42 Aa	30,8 Bd	31,1 Bbc	9,62 Cb	11,00 Ba	13,60 Ab	1,76 Cb	3,15 Bb	4,6 Aa
Testemunha	35,35 Ab	30,98 Bd	30 Cc	11,82 Ba	9,62 Cb	16,40 Aa	2,42 Cab	4,01 Bab	5,0 Aa
CV (%)	1,64			4,53			15,37		

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Tukey a 5%.

Antes da implantação do experimento (2016), foi realizada a análise foliar dos teores de nutrientes do guaranazeiro. Os valores encontrados serviram de parâmetros para avaliar o efeito das plantas de cobertura sobre as plantas de guaranazeiro nos dois anos posteriores de cultivo.

Os maiores teores de N foram encontrados no guaranazeiro em consórcio com *C. ensiformis* em 2017, com aumento em relação ao ano de 2016, porém com redução em 2018, cujos maiores teores foram encontrados no tratamento com *M. deeringiana*. Para essa espécie ocorreram aumentos ao longo dos anos de estudo (Tabela 4).

Este fato pode estar relacionado com a maior densidade de plantas de *C. ensiformis* no primeiro ano do experimento (2017) e a redução no número de plantas desta cobertura em 2018, portanto, menor disponibilidade de fitomassa e decomposição da mesma. Para o tratamento com *M. deeringiana*, houve melhor estabelecimento na área no ano de 2018, com gradativo aumento de fitomassa como material para decomposição.

A decomposição dos resíduos das plantas de cobertura na superfície do solo pode incrementar a disponibilidade de nutrientes, favorecendo a absorção pelo guaranazeiro, especialmente do nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), que é a forma de N absorvida em maior quantidade pelas raízes (EISSENSTAT, 2007).

O controle químico e a testemunha (sem nenhum manejo) apresentaram os menores teores de nitrogênio em 2017. Em 2018, o menor valor foi encontrado no tratamento com capina manual (Tabela 3). A utilização de plantas de cobertura, em especial as leguminosas, pode favorecer o guaranazeiro através da disponibilidade de nitrogênio, além de ser também um controle eficiente de plantas infestantes, evitando a utilização de herbicidas (controle químico) e a utilização de roçadeira, uma atividade onerosa e ergonomicamente problemática ao produtor.

Os teores de N presentes nos tecidos foliares de guaranazeiro observados nas épocas analisadas ficaram em média de 33,84 g kg<sup>-1</sup> para *B. ruziziensis*, 34,55 g kg<sup>-1</sup> para *C. ensiformis*, 34,53 g kg<sup>-1</sup> para *M. deeringiana*, 31,10 g kg<sup>-1</sup> para capina, 30,95 g kg<sup>-1</sup> para químico, 30,49 g kg<sup>-1</sup> para testemunha, em relação aos anos em consórcio com as coberturas (Tabela 3). Mesmo que as leguminosas apresentem os maiores valores em relação aos demais tratamentos, estes ainda estão abaixo do recomendado por Malavolta et al. (1997), que é na faixa de 45 a 50 g kg<sup>-1</sup>.

Para o potássio em 2017, o maior teor foi encontrado em *M. deeringiana*, seguidos de *B. ruziziensis* e tratamento químico. Esses tratamentos também apresentaram crescimento contínuo no teor de potássio entre os anos de estudo, no entanto, foram baixas as diferenças de teor para os demais tratamentos (Tabela 4).

Os maiores teores de potássio nas folhas do guaranazeiro em consórcio com *M. deeringiana* e *B. ruziziensis*, estão de acordo com o que foi encontrado na análise nutricional da fitomassa das coberturas em que a decomposição e a liberação do potássio foram maiores para as mesmas. Segundo Malavolta et al. (1997), os valores de 10 a 15 g kg<sup>-1</sup> é considerada faixa padrão para teores foliares de K, portanto, os teores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com o indicado para cultura.

Em 2018, o maior teor de K foi verificado para o tratamento testemunha, tanto em relação aos demais tratamentos quanto entre os anos. Resultado que condiz com os de Zalameña et al. (2013), onde os maiores teores de potássio foram encontrados no tratamento testemunha em relação às plantas de cobertura em consórcio com videiras. Estes valores podem estar relacionados a maior absorção e acúmulo do potássio pelas plantas de cobertura, diminuindo a disponibilidade do nutriente para o guaranazeiro (CELETTE et al. 2009; BRUNETTO et al. 2011; ZALAMENA et al. 2013).

Os maiores teores de cálcio no ano de 2017 foram encontrados no tratamento com *C. ensiformis*, que apresentou iguais valores para 2018. Neste ano (2018), os menores teores foram obtidos por *B. ruziziensis*, diferindo até mesmo entre os anos, com teores menores que os iniciais em 2016 (Tabela 3).

Os menores valores de Ca encontrados para o tratamento *B. ruziziensis*, podem estar relacionados à aproximação do cálcio as raízes, das plantas desta cobertura que poderá ter ocorrido em maior quantidade pelo fluxo de matéria, com absorção pelas raízes e acumulados na parte aérea, o que implica maior fluxo respiratório (CELETTE et al. 2009).

As concentrações de nutrientes encontrados em uma planta dependem de diversos fatores, tais como: idade, cultivar, tratos culturais, clima, parte da planta analisada, idade e estágio de desenvolvimento da folha, características químicas do solo e competição entre nutrientes (VALARINI et al. 2005; BUSQUET, 2006; LIMA et al. 2008; PREZOTI E BRAGANÇA, 2013).

Além da introdução de cultivares de guaranazeiro, produtivas e tolerantes às doenças, existe a necessidade de buscar fontes alternativas de fertilizantes, que utilizem insumos de menor custo regional e que ofereçam ao agricultor maior retorno financeiro.

Dentro deste contexto, a adubação com resíduos gerados na própria unidade rural pode ser uma prática viável para o aumento da produtividade (ARRUDA et al. 2012).

### **Produção e concentração de cafeína no guaranazeiro**

A influência das práticas de manejo das plantas infestantes sobre a produtividade do guaranazeiro e os teores de cafeína nas sementes, encontram-se na tabela 5.

**Tabela 5.** Médias das concentrações de cafeína (%) nas sementes de guaranazeiro, em função do manejo das plantas infestantes, em dois anos agrícolas. Presidente Figueiredo – AM, 2017-2018.

Tratamento	Teor de Cafeína (%)	
	2017	2018
<i>B.ruzizizensis</i>	4,52 Aa	4,33 Ab
<i>C. ensiformis</i>	3,82 Ba	5,55 Aa
<i>M.deeringiana</i>	4,27 Aa	4,72 Ab
Capina	4,23 Aa	4,65 Ab
Químico	4,55 Aa	4,31 Ab

<b>Testemunha</b>	4,16 Aa	4,22 Ab
<b>CV (%)</b>	12,12	

Apenas *C. ensiformis* apresentou aumento na concentração de cafeína em 2018 (Tabela 5). Possivelmente, o período de dois anos não seja o suficiente para avaliar a produção de metilxantinas em função dos tratamentos aplicados neste estudo. A concentração encontrada no tratamento com *C. ensiformis* está próximo dos valores já estabelecidos como altas concentrações desta metilxantina, podendo atingir até 6 % de cafeína, acumulada principalmente em sementes (SCHIMPL et al. 2014).

## CONCLUSÃO

*Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana* aumentaram os teores de nitrogênio e cálcio nas plantas de guaranazeiro.

*M. deeringiana* elevou os teores de potássio e nitrogênio.

*B. ruziziensis* aumentou os teores de potássio.

*Canavalia ensiformis* elevou as concentrações de cafeína nas sementes de guaranazeiro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na busca de alternativas para o controle de plantas infestantes, a utilização de plantas de cobertura se mostra eficiente, integrando as espécies vegetais em único sistema, através do equilíbrio com a cultura do guaranazeiro.

A utilização de plantas de cobertura apresenta comportamento diferenciado de acordo com o objetivo de sua utilização. Para o controle de plantas infestantes, a espécie *Brachiaria ruziziensis* atingiu 100% de supressão das plantas infestantes, apresentando ainda a maior taxa de decomposição em relação as leguminosas, ponto este responsável pelo maior tempo de cobertura do solo pela palhada, evitando o aparecimento de infestantes, aumentando a ciclagem de nutrientes, diminuindo as perdas por lixiviação e reduzindo a utilização indiscriminada de herbicidas.

As leguminosas apresentaram os maiores teores de nutrientes e as menores taxas de decomposição, podendo ser recomendadas para manejo de médio e longo prazo, disponibilizando gradativamente os nutrientes, pela lenta decomposição da matéria seca, gerando benefícios a cultura sem elevar os custos de produção.

As coberturas influenciaram os teores de nutrientes nas folhas do guaranazeiro, entretanto, o estudo precisa ter continuidade para que o efeito possa ser evidenciado na produtividade. Estudos mais detalhados em relação a concentração de cafeína no tratamento com *C. ensiformis* precisam ser realizados.

Portanto, a utilização de plantas de cobertura em consórcio com a cultura do guaraná, se mostra eficiente e com potencial para o controle de plantas infestantes, juntamente com o benefício da cobertura do solo, ciclagem de nutrientes e influência no aumento da concentração de cafeína em sementes de guaraná.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, MOZART MARTINS. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção de cafeeiros instalados em Latossolo Roxo distrófico. **Ci. Agrotec**, v. 24, n. 1, p. 54-61, 2000.

ARRUDA, Murilo Rodrigues et al. Produtividade, fertilidade do solo e estado nutricional do guaranzeiro. cultivado em sistemas orgânico. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 4, p. 311-317, 2012.

BATAGLIA, O. C. et al. Métodos de análise química de plantas-Boletim técnico 78. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 1983.

BLANCO-CANQUI, Humberto et al. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2449-2474, 2015.

BRUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; MELO, G.W.; TAGLIAVINI, M. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, New York, v.90, n.3, p.299-308, 2011.

BUSQUET, R. N. B. **Análise de crescimento, fenologia e acumulação de nutrientes de quatro genótipos de bananeira no Estado do Rio de Janeiro**. 2006. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 113 p, 2006.

CELETTE, Florian; FINDELING, Antoine; GARY, Christian. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. **European Journal of Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 41-51, 2009.

COELHO, M. E. H. et al. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão The effect of soil covers on temperature range and yield of sweet pepper. **Planta daninha**, v. 31, n. 2, p. 369-378, 2013.

CORREIA, Núbia Maria; DURIGAN, Julio Cezar; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, p. 245-253, 2006.

EISSENSTAT, D.M. Dinamica di crescita delle radici nelle colture da frutto. **Italus Hortus**, Firenze, v.14, n.1, p.1-8, 2007.

FAVERO, Claudenir et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito et al. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15, 695-701. 2011.

HASSLER, Sibylle K. et al. Recovery of saturated hydraulic conductivity under secondary succession on former pasture in the humid tropics. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1634-1642, 2011.

LÁZARO, R.L. et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.1, p.10-17, 2013.

LIMA FILHO, Oscar Fontão de et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. 2014.

LIMA, R. L. S. de. **Estudos sobre a nutrição de progênies de aceroleira: épocas de amostragens de folhas e exportação de nutrientes**. Doutorado, Jaboticabal, São Paulo, p. 44. 2008.

MALAVOLTA, E. et al. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**, v. 2, p. 115-230, 1997.

MUNKHOLM, Lars J.; HECK, Richard J.; DEEN, Bill. Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. **Soil and Tillage Research**, v. 127, p. 85-91, 2013.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p. 17-25, 2011.

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. S.; PETTER, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ALMEIDA, F. A. Cover crops on the development of beggar's-tick. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 170-177, 2013.

PERIN, Adriano et al . Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 39, n. 1, p. 35-40, jan. 2004

PINTO, Carlos Enrique Daniel Lopez et al. Seleção de clones de guaranazeiro para adaptabilidade e estabilidade no estado do Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

PREZOTTI, Luiz Carlos; BRAGANÇA, Sheila Marina. Acúmulo de matéria seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, v. 08, n.3, 2013.

ROARTY, Shaun; HACKETT, Richard A.; SCHMIDT, Olaf. Earthworm populations in twelve cover crop and weed management combinations. **Applied soil ecology**, v. 114, p. 142-151, 2017.

SCHEFFLER, Raphael et al. Soil hydraulic response to land-use change associated with the recent soybean expansion at the Amazon agricultural frontier. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 144, n. 1, p. 281-289, 2011.

SCHIMPL, Flávia Camila et al. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p. 14-31, 2013.

SCHIMPL, Flávia Camila et al. Molecular and biochemical characterization of caffeine synthase and purine alkaloid concentration in guarana fruit. **Phytochemistry**, v. 105, p. 25-36, 2014.

SOARES, D. O. P. et al. Período de interferência das plantas daninhas na cultura do Guaranazeiro. **Dissertação**. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 2017.

TAVARES JUNIOR, J.B. et al. Produção de fabáceas para adubação verde no agreste paraibano. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.11, n.1, p.47-58, 2015.

TEODORO, R.B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.635-643, 2011.

VALARINI, Valdemar; BATAGLIA, Ondino Cleante; FAZUOLI, Luiz Carlos. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 661-672, 2005

WENDLING, Marina et al. Influence of root and leaf traits on the uptake of nutrients in cover crops. **Plant and Soil**, v. 409, n. 1-2, p. 419-434, 2016.

ZALAMENA, Jovani et al. Estado nutricional, vigor e produção em videiras cultivadas com plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1190-1200, 2013.