

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

PLANTAS DE COBERTURA NO MANEJO DE INVASORAS, NO
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO
GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)

Manaus – AM
2021

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

MAURO DA SILVA ALVES

PLANTAS DE COBERTURA NO MANEJO DE INVASORAS, NO
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO 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 Doutor em Agronomia Tropical, na área de concentração de Produção Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sônia Maria Figueiredo Albertino

Manaus – AM
2022

Ficha Catalográfica

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

A474p Alves , Mauro da Silva
Plantas de cobertura no manejo de invasoras, no estoque de carbono do solo e na produtividade do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) / Mauro da Silva Alves . 2022
75 f.: il.; 31 cm.

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

1. Cobertura vegetal. 2. Sustentabilidade agrícola. 3. Manejo. 4. Manejo sustentável. I. Albertino, Sônia Maria Figueiredo. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MAURO DA SILVA ALVES

Plantas de cobertura no manejo de invasoras, no estoque de carbono do solo 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 requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

APROVADA EM 18 DE JANEIRO DE 2022.

BANCA EXAMINADORA



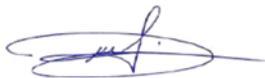
Profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, Presidente
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)



Profa. Dra. Elisa Vieira Wandelli, Membro
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)



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



Prof. Dr. José Furtado de Miranda, Membro
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)



Prof. Dr. José Ferreira da Silva, Membro
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

DEDICATÓRIA

*À minha esposa, Railane
Oliveira e a minha mãe
Francisca Bruno (in
memoriam), dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita misericórdia nos dá o apoio necessário nas horas que mais precisamos.

A minha amada esposa Railane, companheira de tantos obstáculos enfrentados, sou grato pela paciência nos momentos de tensão e por todo apoio na conclusão deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial aos meus irmãos Marta e Marcio, pelo apoio e dedicação em todos os momentos em que precisei.

A professora Sônia Maria Albertino, por sua paciência, competência, dedicação durante as orientações, revisões, resultados e sugestões, fatores que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Ciência de Plantas daninhas - LCPD, Bruna, Karla, Laís, Letícia, Talissa e Jerônimo, minha gratidão por todo o apoio e contribuição de vocês para o andamento do projeto, amigos incansáveis nas idas ao campo e nos trabalhos em laboratório.

A coordenação do PPGATR, pelos incentivos em fazer ciência e pela disponibilidade em contribuir.

A fundação de Amparo à Pesquisa no Amazonas - FAPEAM pela concessão da bolsa de doutorado e a Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – CAPES pelo fomento da pós graduação.

A Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade de fazer parte desta renomada instituição e contribuir para o desenvolvimento científico na região norte.

Enfim, agradeço a todos que ajudaram de forma direta e indiretamente na realização desta tese.

RESUMO

O cultivo do guaranazeiro tem importância econômica, social e cultural no Amazonas, pois é cultivado em grande escala por agricultores familiar. As sementes após beneficiadas são utilizadas na indústria de concentrados, farmacológica e cosmética. O potencial como cultivo agrícola e seu manejo quanto ao controle de plantas infestantes, proporciona ações de preservação do agroecossistema visando uma agricultura sustentável. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de plantas de cobertura no manejo de infestantes e no estoque de carbono do solo e na produtividade de um sistema agrícola com guaranazeiro. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T1-*Brachiaria ruziziensis*, T2-*Canavalia ensiformis*, T3-*Mucuna deeringiana*, T4-*Arachis pintoii*, T5-Espécies infestantes com roçada e T6-Espécies infestantes em livre crescimento (Testemunha) avaliadas nos anos 2018, 2019 e 2020. As características avaliadas foram: taxa de decomposição dos resíduos, estoques de nutrientes das plantas de cobertura, percentual de cobertura do solo, estoque de carbono no solo, análise nutricional e produtividade do guaranazeiro. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e aplicado o teste F a 5% de probabilidade. Para as variáveis contínuas, foi aplicada análise de regressão com a seleção de equações que seguiram a tendência dos dados originais e maior coeficiente de determinação. As plantas de cobertura apresentaram alta taxa de decomposição dos resíduos. As leguminosas (*Arachis pintoii*, *Canavalia ensiformes* e *Mucuna deeringiana*) apresentaram altos teores iniciais dos nutrientes e maiores tempo de meia vida para a decomposição dos resíduos. A liberação de P, Ca e Mg foi lenta a partir da decomposição dos resíduos. K apresentou rápida liberação inicial a partir da decomposição dos resíduos das plantas de cobertura. Em 2019 e 2020 a *Brachiaria ruziziensis* apresentou resultados superiores em relação aos demais tratamentos, na produção de biomassa fresca e seca, suprimindo 100% das plantas infestantes nos dois anos. Não houve diferença significativa entre as espécies de cobertura para os dados referente a matéria orgânica, carbono no solo e estoque de carbono no solo, nos dois anos avaliados. Em 2019 as plantas de cobertura não afetaram os teores de nutrientes de folhas de guaranazeiro e não influenciaram a produtividade de sementes secas. Portanto, recomenda-se estudos relacionados a decomposição de plantas de coberturas levando em consideração maiores períodos, testando as dimensões das sacolas de decomposição e quantidades de material vegetal colocados nas sacolas. Estudos em condições amazônicas para avaliar os Estoques de carbono no solo em função do uso de plantas de cobertura ainda são necessários, observando principalmente o tempo de pesquisa e a profundidade de coleta do solo para avaliação desses parâmetros.

Palavras-chave: cobertura vegetal; sustentabilidade agrícola; manejo

ABSTRACT

The cultivation of guaranazeiro has economic, social and cultural importance in Amazonas, because it is cultivated on a large scale by family farmers. The seeds after benefited are used in the industry of concentrates, pharmacological and cosmetic. The potential as an agricultural crop and its management as to the control of weeds, provides actions to preserve the agro-ecosystem aiming at a sustainable agriculture. In this sense, the research aimed to evaluate the influence of cover crops on weed management, soil carbon stock and productivity of an agricultural system with guaranazeiro. The experimental design adopted was a randomized block design, with six treatments and four repetitions. The treatments were: T1-*Brachiaria ruziziensis*, T2-*Canavalia ensiformis*, T3-*Mucuna deeringiana*, T4-*Arachis pintoi*, T5-Weed species with mowing and T6-Weed species in free growth (Witness) evaluated in the years 2018, 2019 and 2020. The characteristics evaluated were: residue decomposition rate, nutrient stocks of the cover plants, percent soil cover, soil carbon stock, nutritional analysis, and guaranazar productivity. The data obtained were submitted to variance analysis and the F test was applied at 5% probability. For continuous variables, regression analysis was applied with the selection of equations that followed the trend of the original data and the highest coefficient of determination. The cover crops presented a high rate of residue decomposition. The legumes (*Arachis pintoi*, *Canavalia ensiformes* and *Mucuna deeringiana*) showed high initial nutrient contents and longer half-life for residue decomposition. The release of P, Ca and Mg was slower from the decomposition of the residues. K showed rapid initial release from decomposition of the cover plant residues. In 2019 and 2020 *Brachiaria ruziziensis* showed superior results compared to the other treatments, in the production of fresh and dry biomass, suppressing 100% of the weed plants in the two years evaluated. There was no significant difference between the cover species for organic matter, soil carbon and soil carbon stock data in the two years evaluated. In 2019, the cover plants did not affect the nutrient contents of guarana leaves and did not influence the productivity of dry seeds. Therefore, studies related to decomposition of cover plants taking into consideration longer periods, testing the dimensions of decomposition bags and amounts of plant material placed in the bags are recommended. Studies in Amazonian conditions to evaluate the carbon stocks in the soil as a function of the use of cover crops are still needed, observing mainly the research time and depth of soil collection for evaluation of these parameters.

Key words: cover crops; agricultural sustainability; manageme

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) média da área experimental no município de Presidente Figueiredo – AM. 2018 e 2019.....	32
Figura 2. Matéria seca remanescente de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, em quatro períodos de avaliação. 2018 e 2019. Presidente Figueiredo – AM.....	33
Figura 3. Constante de decomposição k e tempo de meia vida dos resíduos das plantas de coberturas, em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo-AM. 2018 e 2018.....	34
Figura 4. Teor de P remanescente, constante de decomposição k e tempo de meia vida $T^{1/2}$ relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2018.....	36
Figura 5. Teor de K remanescente, constante de decomposição k e tempo de meia vida relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2018 e 2019.....	37
Figura 6. Teor de Ca remanescente, constante de decomposição k e tempo de meia vida $T^{1/2}$ relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2018.....	38
Figura 7. Teor de Mg remanescente, constante de decomposição k e tempo de meia vida $T^{1/2}$ relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2019.....	39

CAPÍTULO II

Figura 1. Biomassa seca e fresca de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019.....	50
Figura 2. Biomassa seca e fresca de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo - AM. 2020.....	51
Figura 3. Taxa de cobertura vegetal sobre o solo proporcionada pelas plantas de cobertura e pelas plantas infestantes aos seis e 12 meses. Presidente Figueiredo-AM. 2019 e 2020.....	53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Composição química de amostras de solo coletadas anterior a instalação do experimento em Presidente Figueredo -AM. 2018.....	27
Tabela 2. Resumo da Anova para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio. (Ca) e magnésio (Mg) de quatro espécies de cobertura, em quatro períodos de avaliação, em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2018 e 2019.....	29
Tabela 3. Teores iniciais de N, P, K e Mg na fitomassa da parte aérea de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2018 e 2019.....	30

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição química de amostras de solo coletadas anterior a instalação do experimento em Presidente Figueredo – AM. 2019.....	48
Tabela 2. Resumo da Anova para produção de biomassa de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.....	51
Tabela 3. Plantas infestantes identificadas no sistema de produção de guaranazeiro sob diferentes manejos com plantas de cobertura. Presidente Figueiredo, AM. 2019.....	53
Tabela 4. Resumo da Anova para a taxa de cobertura do solo das espécies de cobertura, em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.....	54
Tabela 5. Resumo da Anova para matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (Est. COT) no solo a partir do uso de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.....	57
Tabela 6. Teores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), estoques de COT (Est. COT) e densidade (Ds) do solo em plantio comercial de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.....	59

CAPÍTULO III

Tabela 1. Composição química de amostras de solo coletadas anterior a instalação do experimento em Presidente Figueredo – AM. 2019.....	63
Tabela 2. Resumo da Anova para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019.....	65
Tabela 3. Teores de N, P, K e Mg em folhas de guaranazeiro consorciadas com plantas de cobertura. Presidente Figueiredo, AM. 2019.....	65
Tabela 4. Resumo da Anova para produtividade de sementes secas de guaranazeiro. Presidente Figueiredo, AM. 2019.....	66
Tabela 5. Produtividade média de sementes secas de guaranazeiro em função do uso de plantas de cobertura do solo. Presidente Figueiredo, AM. 2019.	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 O guaranazeiro: uma espécie com grande importância social e econômica na região amazônica.....	17
3.2 Plantas infestantes e sua problemática em cultivos agrícolas	18
3.3 Plantas de cobertura em sistemas agrícolas e supressão de plantas infestantes	19
3.4 Estoque de carbono no solo	22
4 REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO I: DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA AGRÍCOLA COM GUARANAZEIRO (<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke) .	28
RESUMO	28
ABSTRACT	28
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1 Teores iniciais de nutrientes	33
3.2 Taxa de decomposição	35
3.3 Liberação de nutrientes.....	39
4 CONCLUSÃO.....	43
5 REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO II: PLANTAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE INFESTANTES E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMA AGRÍCOLA COM GUARANAZEIRO (<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke).....	48
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1 INTRODUÇÃO.....	49
2 MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1 Biomassa e taxa de cobertura	51
2.2 Estoque de carbono no solo	52
2.3 Desenho experimental e análise estatística	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1 Biomassa e taxa de cobertura	53
<i>Axonopus fissifolius</i>	56
3.2 Estoque de carbono no solo	60
4 CONCLUSÃO.....	62
5 REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO III: PLANTAS DE COBERTURA NO TEOR NUTRICIONAL E NA PRODUTIVIDADE DO GUARANAZEIRO (<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke).....	66
RESUMO	66
ABSTRACT	66
1 INTRODUÇÃO.....	67
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4 CONCLUSÃO.....	72
5 REFERÊNCIAS	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	76

1 INTRODUÇÃO

Nos sistemas produtivos desenvolvidos no Amazonas o cultivo do guaranazeiro representa uma das principais potencialidades pelo alto consumo nacional de bebidas gaseificadas contendo extrato de guaraná que abre perspectivas mercadológicas para investidores com foco nesse crescente mercado. O surgimento de novos produtos com evidências benéficas à saúde humana, proporcionadas pelas substâncias presentes nessa planta, elevam o consumo e, conseqüentemente, aumentam a demanda por guaraná (SCHIMPL et al., 2013).

O guaranazeiro é uma espécie nativa de considerável importância econômica e social na Amazônia Brasileira. É um arbusto perene da floresta úmida, domesticado pelo seu alto teor de cafeína nas sementes. O Brasil é o único produtor mundial de guaraná, cuja produção atende às demandas nacional e internacional. É cultivado comercialmente nos estados do Amazonas, Acre, Pará, de Rondônia, Mato Grosso e da Bahia (Atroch; Nascimento Filho, 2018).

Desta forma, o guaraná se destaca como um dos produtos de alto potencial econômico e de grande significado social no meio rural amazônico, merecendo dedicação das instituições de pesquisa ao conhecimento da espécie, o que deve possibilitar a geração de tecnologia para seu cultivo racional (ANGELO et al., 2007). No Brasil, em 2019, a área cultivada com o guaranazeiro foi de 10.097 ha e área colhida de 10.078 ha com produção de 2.761 t de sementes secas e produtividade média de 274 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (IBGE, 2021). No Amazonas, a área cultivada foi de 3.954 ha e a área colhida foi de 3.938 ha com produção de 858 t e produtividade de 218 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de semente seca (IBGE, 2021).

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

Em agroecossistemas sustentáveis, as plantas de cobertura podem ser grandes aliadas no manejo da cultura, potencializando a produção agrícola por gerar benefícios como melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo, pela reposição de nutrientes

e matéria orgânica, prevenção da erosão e pela supressão de pragas, doenças e plantas infestantes (DABNEY et. al., 2001; CARVALHO, 2012).

Análises de sustentabilidade na agricultura devem tomar por base a eficiência energética dos processos e sistemas. Sistemas de produção, que sejam tecnicamente eficazes, ecologicamente corretos, economicamente viáveis e socialmente justos, tornam-se insustentáveis se não forem energeticamente eficientes, mesmo se tratando de sistemas orgânicos de produção (SOUZA, 2006).

A inclusão de plantas de cobertura em sistemas agrícolas é uma estratégia conservacionista que também deve ser avaliada em relação ao seu efeito nos estoques de carbono no solo.

Historicamente, a diminuição na quantidade de matéria orgânica no solo devido às mudanças no uso da terra, tem contribuído para o aumento de CO₂ na atmosfera, já em solos submetidos a manejos conservacionistas, resultam no acúmulo de C no solo (LAL, 2004). Como observado, nos sistemas de agroflorestas e plantio direto, nota-se um aumento nos estoques de carbono e fertilidade do solo, além da melhoria nos atributos físicos (COSTA et al., 2015; CECAGNO et al., 2018). O manejo correto do solo por meio da agricultura conservacionista é indispensável para que haja o retardamento ou para amenizar os impactos negativos das mudanças climáticas global (MACHADO, 2005).

Vale ressaltar que esse trabalho fez parte de um grande projeto com o objetivo de estudar o manejo sustentável de plantas infestantes, iniciado a partir de 2017, seguindo nos anos agrícolas 2018, 2019 e 2020 na agropecuária Jayoro em um sistema agrícola com guaranazeiro. A área cultivada foi manejada seguindo as recomendações técnicas da empresa para adubação, poda e controle fitossanitário.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo proporcionar uma visão prática sobre o uso de plantas de cobertura como componente de práticas agrícolas sustentáveis, influenciando na supressão de plantas infestantes, no estoque de carbono do solo e na produtividade do guaranazeiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral:

Avaliar a influência de plantas de cobertura na supressão de infestantes, no estoque de carbono do solo e na produtividade do guaranazeiro.

2.2 Específicos:

- Avaliar a decomposição de plantas de cobertura e a liberação de nutrientes em cultivo comercial de guaranazeiro;
- Quantificar o estoque de nutrientes das plantas de cobertura do solo;
- Comparar diferentes tipos de plantas de cobertura e seu potencial de supressão das infestantes em plantio de guaranazeiro;
- Quantificar os estoques totais de C orgânico do solo a partir do uso das plantas de cobertura;
- Quantificar nutrientes e produtividade do guaranazeiro.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O guaranazeiro: uma espécie com grande importância social e econômica na região amazônica

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 região amazônica 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 guaranazeiro 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).

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).

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).

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).

3.2 Plantas infestantes e sua problemática em cultivos agrícolas

As plantas infestantes necessitam para seu desenvolvimento, dos mesmos fatores exigidos pela cultura de interesse comercial, ou seja, água, luz, nutriente e espaço, estabelecendo um processo competitivo quando cultura e plantas infestantes se desenvolvem em um mesmo local. O grau de interferência dessas plantas nas culturas agrícolas depende da comunidade infestante, de fatores ligados a cultura, do ambiente e do período de convivência (DUARTE, SILVA e SOUSA, 2002). A ocorrência de plantas infestantes em áreas agrícolas pode levar a redução da produtividade das culturas, resultando em prejuízos que podem chegar à perda total da lavoura (FONTESET et al., 2003).

Esses prejuízos ocorrem principalmente, devido aos efeitos causados pela competição por água, luz e nutrientes. Existem ainda outros fatores relacionados às plantas daninhas, que podem provocar grandes perdas de produção, como a capacidade de produzirem compostos alelopáticos e de atuarem como hospedeiras de pragas e doenças que afetam a cultura (VASCONCELOS et al., 2012).

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 o controle. 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).

O guaranazeiro é vulnerável à interferência de plantas daninhas, ocorrendo redução drástica de produtividade quando não são adotadas ações de manejo (FONTES et al., 2006). 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).

3.3 Plantas de cobertura em sistemas agrícolas e supressão de plantas infestantes

A necessidade da conservação do solo, preservando seus atributos químicos, físicos e biológicos, é conhecida há séculos, tendo iniciado desde a antiguidade, quando já se conheciam os benefícios trazidos por rotações que alternavam cereais e espécies forrageiras. No antigo Egito, por exemplo, cultivava-se o trevo a cada dois anos, alternando-o com trigo ou cevada, o que auxiliava na recuperação das propriedades químicas do solo e permitia a alimentação do gado, que por sua vez enriquecia ainda mais o solo com a produção de esterco (MAZOYER; ROUDART, 2010).

As plantas de cobertura têm a finalidade de cobrir o solo, protegendo-o contra processos degradantes como a erosão e a lixiviação de nutrientes, porém não se limitando somente a isso, já que muitas são usadas para pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto. As leguminosas, especialmente, podem fazer parte de uma prática conhecida como adubação verde, em que a planta ou adubo verde é cultivado, ou não, com a finalidade expressa de enriquecer o solo com sua massa vegetal, quer produzida no local ou importada (KIEHL, 1979).

Segundo Penteado (2004) manter o solo com cobertura viva ou morta é uma prática necessária em regiões tropicais e subtropicais, pois protege o solo da incidência direta da insolação e da erosão das chuvas. Além disso, mantém a vida no solo com presença de microrganismos e minhocas e fornecem nutrientes essenciais as plantas.

Há duas famílias principais quando se fala em cobertura vegetal. As leguminosas, que possuem menor relação C/N, principalmente pela atraente capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e, por isso, decompõem-se rapidamente, e as gramíneas, que se destacam pela alta produtividade mesmo em condições adversas. As gramíneas, junto com as leguminosas apresentam crescimento vegetativo vigoroso (especialmente *Brachiaria*) tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, o que facilita o crescimento

de raízes da cultura subsequente, pela formação de canais no solo que ajudam a aliviar a compactação (WANG et al., 1986).

A escolha de espécies vegetais para introdução nos sistemas de culturas depende de sua adaptação às condições de clima de cada região e do interesse do produtor (SILVA e ROSOLEM, 2001). Diversas espécies vegetais podem ser utilizadas como plantas de cobertura, porém, as leguminosas e as gramíneas são as mais utilizadas (MATHEIS et al., 2006).

A *Brachiaria ruziziensis* é uma espécie perene, sub ereta com 1 a 1,5 de altura, propagada por sementes e por partes da planta que apresentam raízes (BOGDAM, 1977). A *Brachiaria decumbens* é uma espécie perene, sub ereta, podendo atingir 1,5 m de altura, propagada por sementes e por partes da planta que apresentam raízes, possui florescimento abundante, no entanto com baixa produção de sementes viáveis. Seu estabelecimento ocorre entre 90 e 120 dias após a semeadura. Não tolera solos com drenagem deficiente e alagadiços apresentando respostas a níveis mais altos de P e K (DAMASCENO, 2013).

A mucuna (*Mucuna deeringiana*) 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 ton/ha na região dos Cerrados (ALVARENGA et al, 2001).

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) é uma leguminosa anual ou bianual herbácea, rústica, de crescimento 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.,2015).

Segundo Miranda (2008) a principal vantagem da utilização de espécies leguminosas na cobertura do solo refere-se à possibilidade de redução da quantidade de nitrogênio aplicado na adubação química, pois essas plantas têm a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* nas raízes, enriquecendo-se o solo com esse macronutriente.

Dentre as espécies de leguminosas indicadas para a cobertura de solo, algumas cultivares de amendoim forrageiro têm se destacado por apresentarem boa produção de matéria seca e bom valor nutritivo, além de persistência, excelente capacidade de cobrir o solo e adaptação a solos com drenagem deficiente. Duas características contribuem para o sucesso do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) como cultivo de cobertura do solo: a habilidade de crescer sob sombreamento e a densa camada de estolões enraizados que protegem o solo dos efeitos erosivos das águas das chuvas fortes (MIRANDA, 2008).

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).

Além disso, existem os efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, que liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, impedindo a germinação, ou nas plantas, interferindo em algum processo do seu desenvolvimento, de tal modo que o crescimento é retardado ou paralisado, havendo casos em que ocorre a morte da planta (ALVARENGA et al., 2001).

A supressão de plantas infestantes por culturas de cobertura pode ocorrer durante o desenvolvimento vegetativo das espécies cultivadas ou após a sua dessecação (VIDAL e TREZZI, 2004). Para esses autores, efeitos de competição e de alelopatia exercidos durante a coexistência das plantas de cobertura com as espécies daninhas podem ser responsáveis pelo efeito supressivo. Já o potencial alelopático dos resíduos das culturas de cobertura após dessecação depende da velocidade de decomposição e do tipo de palhada que permanece sobre o solo, bem como da população de espécies de plantas infestantes (TOKURA e NÓBREGA, 2006).

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, porém não existem produtos registrados no Brasil para a aplicação em guaranazais, o que impossibilita sua recomendação para o controle de plantas infestantes (FONTES, 2006).

3.4 Estoque de carbono no solo

As mudanças climáticas, devido ao aumento das emissões de gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O), são consideradas um dos mais importantes desafios ambientais do século atual (LAL, 2004). Armazenar CO_2 atmosférico no solo é uma estratégia chave para mitigar as mudanças climáticas (POST et al., 2004; SMITH et al., 2008) devido ao maior potencial do solo para armazenar C do que a atmosfera (LAL, 2008).

No entanto, a capacidade do solo de sequestrar o C atmosférico, predominantemente como carbono orgânico do solo, varia entre as práticas de manejo da terra, rotação de culturas, quantidade de entradas de C, condições climáticas e textura do solo (CHAHAL et al., 2020).

O conhecimento da variabilidade e espacialização dos estoques de C no solo é fundamental para a caracterização e monitoramento de uma dada área em relação à qualidade do solo. Os estoques de carbono no solo são um dos indicadores-chave na prestação de serviços ambientais promovidos por boas práticas agrícolas. O conhecimento dessa variabilidade e espacialização dos estoques de C no solo é condicionado pelos componentes da paisagem expressos por: clima; relevo; classes de solo; e tipos de cobertura vegetal e uso da terra (OLIVEIRA et al., 2015).

O solo é considerado a terceira maior reserva de carbono (C) do planeta, e como a agricultura é a principal atividade relacionada com o uso do mesmo, estudos intensos vêm sendo conduzidos em diversas latitudes visando ao desenvolvimento de tecnologias que permitam recuperar e/ou aumentar os estoques de C (sequestro), contribuindo para reduzir os níveis de CO_2 da atmosfera, um dos principais responsáveis pelo aquecimento global (efeito estufa) que está afetando o clima da terra. Assim, como a principal via de ingresso do C derivado do CO_2 da atmosfera para o solo é a fotossíntese vegetal, os resíduos das culturas são a principal fonte de C orgânico no solo (URQUIAGA et al., 2006).

Algumas ações contribuem para a redução CO_2 na atmosfera, a conservação de estoques de carbono nos solos, florestas e outros tipos de vegetação, a preservação de florestas nativas, a implantação de florestas e sistemas agroflorestais e a recuperação de áreas degradadas. O termo sequestro de carbono é utilizado como sendo a capacidade fotossintética que os vegetais possuem de fixar o CO_2 atmosférico, sintetizando o carbono

através da luz na forma de carboidratos sendo por fim depositado na parede celular (RENNER, 2004).

Estudos recentes sobre sequestro de C no solo, enfocam esse elemento de forma isolada, estudando sua dinâmica de maneira independente, sem levar em consideração a interação com outros nutrientes que, no caso de solos tropicais, a baixa disponibilidade destes afeta o crescimento vegetal e a incorporação de resíduos orgânicos no solo (LAL, 1997).

Há consenso científico de que os ecossistemas terrestres apresentam importância no ciclo do C e de que o solo é tido como seu maior reservatório e armazena aproximadamente quatro vezes mais C do que a biomassa vegetal e mais três vezes do que a atmosfera (SILVA; MEDONÇA, 2007; WATSON, 2001). Segundo Sleutel et al. (2006), o sequestro do C no solo depende de fatores como a cobertura vegetal, práticas de manejo e classes de solo. Para Oliveira et al. (2015) no Brasil, possivelmente em razão da dimensão continental e grande diversidade de uso e cobertura da terra nos diferentes biomas, são poucos os dados voltados para estimativa de estoques de C.

O CO do solo é proveniente de restos animais e vegetais ou de microrganismos em forma de resíduos em vários estágios de decomposição, materiais carbonizados e compostos humificados (ROSCOE; MACHADO, 2002). Segundo Boina (2008) dos compostos orgânicos, aproximadamente um terço se encontra na matéria orgânica do solo, na biomassa viva.

A adoção de plantas de cobertura no sistema de cultivo é recomendada como estratégia de manejo para aumentar os estoques de carbono no solo (MAZZONCINI et al., 2011). Além de fornecer insumos de C, essas plantas oferecem vários serviços ao agroecossistema, como reduzir as perdas de N por lixiviação (KETTERINGS et al., 2011), aumentar o rendimento da safra subsequente (CHAHAL e VAN EERD, 2018) e melhorar a qualidade geral do solo (CHAHAL e VAN EERD, 2018; 2019). Apesar dos benefícios mencionados acima, os efeitos induzidos pela cobertura no solo e na produtividade da cultura são altamente dependentes das práticas de manejo (tempo de plantio e término do cultivo das coberturas, espécie de coberturas, sistema de cultivo e duração do experimento), quantidade e qualidade dos resíduos e as condições climáticas (TONITTO et al., 2006).

4 REFERÊNCIAS

ANGELO, P. C da Silva; MORAES, L. A. C; SOUZA, N. R. Indução de *Callus* em Explantes de Mudanças Estioladas de Guaranazeiro. In: PEREIRA, José Clério Rezende. Pesquisa com guaranazeiro na Embrapa Amazônia Ocidental: status atual e perspectivas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 246 p. 129-133.2007.

ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J. Guaraná – *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E. O.; BRITO, E. S. (Ed.). Exotic fruits reference guide. London: Elsevier. p. 225-236. 2018.

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

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

CHAHAL, I. & VAN EERD, LL Avaliação de testes comerciais de sanidade do solo usando um experimento de cobertura de médio prazo em um clima temperado úmido. *Solo de planta*. 427, 351–367. 2018.

CHAHAL, I. & VAN EERD, LL Quantificação da qualidade do solo em um sistema de cobertura vegetal com cobertura vegetal. *Geoderma* 352, 38–48. 2019.

CHAHAL, I., VYN, RJ, MAYERS, D. *et al.* Impacto cumulativo de plantas de cobertura no sequestro de carbono do solo e na lucratividade em um clima temperado úmido. *Sci Rep* **10**, 13381. 2020.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa, v. 39, p. 852-863. 2015.

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

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.

IBGE. Sistemas IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). 2021. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 6 maio 2021.

- KETTERINGS, QM *et al.* Integração de plantas de cobertura para manejo de nitrogênio em sistemas de milho em laticínios no nordeste dos Estados Unidos. *Agron. J.* 107, 1365–1376. 2015.
- LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 43, p. 81-107, 1997.
- LAL, R. Impactos do sequestro de carbono no solo na mudança climática global e na segurança alimentar. *Science* 304, 1623–1627. 2004.
- LAL, R. Carbon sequestration. *Philos. TR Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 363, 815–830, 2008.
- MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.
- MAZZONCINI, M., SAPKOTA, TB, Barberi, P., ANTICHI, D. e RISALITI, R. Efeito de longo prazo do preparo do solo, fertilização com nitrogênio e plantas de cobertura no carbono orgânico do solo e teor de nitrogênio total. *Soil Till. Res.* 114, 165-174, 2011.
- MOURA, E.G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. In: MOURA, E.G. de. (Coord.). *Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos, alterações uso na produção familiar*. São Luís: UEMA, P. 15-51. 2004.
- OLIVEIRA, M. F. et al. Plantas invasoras e produção orgânica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 5 p. 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 149).
- POST, WM *et al.* Aumento do sequestro de carbono nos solos dos EUA. *Bioscience* 54, 895–908, 2004.
- 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.
- SILVA, J. A. A. da; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja pêra. *Rev. Bras. Frutic.*, v. 24, p. 225-230, 2012.
- SILVA, J. A. A. da; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja pêra. *Rev. Bras. Frutic.*, v. 24, p. 225-230, 2002.
- 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.
- SMITH, P. *et al.* Mitigação de gases de efeito estufa na agricultura. *Philos. TR Soc. B.* 363, 789–813, 2008.

SOUZA, JL. Balanço energético em cultivos orgânicos de hortaliças. Viçosa: UFV. 207p. 2006. (Tese de doutorado).

TONITTO, C., DAVID, MB & DRINKWATER, LE Substituindo pousios nus por plantas de cobertura em sistemas de cultivo intensivos em fertilizantes: uma meta-análise da produtividade da cultura e da dinâmica do N. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 58–72, 2006.

TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. Acesso em 18 nov 2021. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>.

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.

CAPÍTULO I

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE
COBERTURA EM SISTEMA AGRÍCOLA COM GUARANAZEIRO (*Paullinia
cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)**

Manaus – AM
2021

CAPÍTULO I: DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA AGRÍCOLA COM GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)

Artigo submetido a revista Bioscience Journal

RESUMO

O uso de plantas de cobertura é uma importante prática agrícola no manejo sustentável, pois atuam na melhoria das qualidades química e física do solo. Estudar a dinâmica de decomposição dessas espécies é fundamental para compreender o processo de ciclagem de nutrientes nos cultivos. O experimento foi conduzido em plantio comercial de guaranazeiro na Fazenda Agropecuária Jayoro em Presidente Figueiredo – AM, em dois anos agrícolas (2018 e 2019) com delineamento experimental de blocos casualizados seguindo esquema fatorial 4x4: quatro espécies de plantas de cobertura (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*), e quatro períodos de coletas (0, 60, 120, 180 dias), com quatro repetições. *Arachis pintoi* e *Mucuna deeringiana* apresentaram o maior peso de matéria seca nos anos avaliados. As espécies *Arachis pintoi*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana* apresentaram altos teores de macronutrientes e foram eficientes na liberação de P, K e Mg durante os dois anos agrícolas avaliados.

Palavras-chave: Tempo de meia vida; teores nutricionais; dinâmica de decomposição

ABSTRACT

The use of cover crops is an important agricultural practice in sustainable management, because they act to improve the chemical and physical qualities of the soil. Studying the dynamics of decomposition of these species is essential to understand the process of nutrient cycling in crops. The experiment was conducted in a commercial guaranazeiro plantation at Fazenda Agropecuária Jayoro in Presidente Figueiredo - AM, in two agricultural years (2018 and 2019) with a randomized block experimental design following a 4x4 factorial scheme: four cover plant species (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* and *Mucuna deeringiana*), and four collection periods (0, 60, 120, 180 days), with four repetitions. *Arachis pintoi* and *Mucuna deeringiana* showed the highest dry matter weight in the years evaluated. The species *Arachis pintoi*, *Canavalia ensiformis* and *Mucuna deeringiana* had the highest levels of macronutrients and were efficient in the release of P, K and Mg during the two agricultural years.

Key words: Half-life period; nutrient content; decomposition dynamics

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas de cobertura nas entrelinhas de plantios comerciais contribui para a sustentabilidade do sistema agrícola, pois essas plantas proporcionam melhoria ao solo. Os resíduos culturais deixados, somados à ciclagem de nutrientes provenientes dos cultivos em sucessão ou rotação promovem a recuperação e manutenção das propriedades químicas e físicas do solo cultivado (CASALI et al., 2016)

Estudos científicos realizados têm revelado interações positivas entre o uso dessas plantas e as propriedades do solo, destacando-se 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). A manutenção de resíduos vegetais sobre o solo e sua posterior decomposição é uma variável importante na ciclagem de nutrientes. Porém, dependendo do manejo dado a estes resíduos, em superfície ou incorporando-os no solo, quando associados às condições climáticas da região, resultará em diferentes velocidades de decomposição e disponibilidade dos nutrientes (TORRES et al., 2008).

Entre as principais espécies utilizadas como plantas de cobertura, destacam-se as gramíneas e leguminosas. As gramíneas proporcionam uma alta produção de fitomassa e as leguminosas apresentam um alto potencial de fixação de N atmosférico. Entretanto, outros benefícios podem ser atribuídos ao uso destas coberturas, tais como: diminuição da resistência à penetração das raízes no solo, devido ao seu sistema radicular pivotante de algumas leguminosas, e permanência de períodos mais longos da palhada no solo, reduzindo perda de água pela evaporação e aumentando a retenção de água no solo. Além destes benefícios, o uso de coberturas vegetais aumenta o crescimento e desenvolvimento da cultura principal e sua produtividade (ESPINDOLA et al., 2006; RAGOZO et al., 2006; PERIN et al., 2009).

Nesse sentido, gramíneas e leguminosas podem apresentar diferentes comportamentos quando usadas como coberturas, as primeiras tendem a apresentar melhor cobertura do solo, enquanto as últimas tendem a apresentar melhor ciclagem de nutrientes (COLLIER et al., 2018; PISSINATI et al., 2018).

O conhecimento da dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes em regiões tropicais pode ser útil para o ajuste do ritmo de liberação dos elementos contidos nessas espécies de cobertura, ao período de maior exigência nutricional da cultura principal. Além de ajudar os agricultores a cultivar essas plantas consorciadas ou em

sucessão, auxilia na busca de manejo para proteger o solo da erosão, bem como a economizar em fertilizantes sintéticos.

Apesar da importância econômica e social do guaranazeiro na região norte, estudos relacionados à decomposição de plantas de cobertura no cultivo de guaranazeiro ainda são escassos. Portanto, o objetivo deste experimento foi avaliar a decomposição de plantas de cobertura e a liberação de nutrientes em cultivo comercial de guaranazeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Agropecuária Jayoro localizada no município de Presidente Figueiredo-AM, Rod. BR - 174 - KM 120 cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 01° 96' 04" S e Longitude: 60° 14' 37" W. Os dados climáticos médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica deste estudo foram extraídos do conjunto de dados pertencentes à Agropecuária Jayoro adquiridos da estação meteorológica da empresa.

As características químicas do solo foram determinadas no início do experimento no ano de 2018, por meio da amostragem com trado, a 10 cm de profundidade, pela técnica de zigue-zague para coleta de amostras compostas, homogeneizadas para obtenção de uma amostra simples. As análises foram realizadas no Laboratório de análise de Solos de Viçosa - MG (Tabela1).

Tabela 2. Composição química de amostras de solo coletadas anterior a instalação do experimento em Presidente Figueredo – AM. 2018.

Camada m	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K 75,21	MO dag kg ⁻¹	Ca ²⁺ 1,41	Mg ²⁺ 0,94	Al ³⁺ 0,41	t 2,96	T 9,01	SB 2,54	H ⁺ AL ⁻¹ 6,47	V 28,09	m 19,62
0,00- 0,10	5,22	4,16	75,21	4,19	1,41	0,94	0,41	2,96	9,01	2,54	6,47	28,09	19,62

*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⁺ AL⁻¹: acidez potencial; V: saturação de bases; m: saturação em alumínio.

Para a condução do experimento, o delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x4: quatro espécies de plantas de cobertura (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*), e quatro períodos de coleta (0, 60, 120, 180 dias), com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por 15 plantas de guaranazeiro com espaçamento de 5x5, sendo as três plantas da linha central da parcela consideradas como uteis. Cada unidade experimental continha 400 m².

A área foi preparada com gradagem leve. A correção da acidez do solo foi realizada com aplicação de 3,35 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 91%) e a adubação fosfatada, com superfosfato simples (20% P₂O₅), de acordo com as recomendações para as plantas de cobertura.

As plantas de cobertura foram semeadas em meados de fevereiro de 2018 com as seguinte densidades: *Brachiaria ruziziensis* - 9 kg ha⁻¹, *Canavalia ensiformis* - 135 kg ha⁻¹, *Mucuna deeringiana* - 80 kg ha⁻¹. 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 nas entrelinhas, com espaçamento de 10 cm entre cada semente, em três fileiras, com espaçamento de 0,50 m entre linhas. Para a semeadura do *Arachis pintoi* utilizou-se material vegetativo (estolões) com aproximadamente 30 cm de comprimento, plantados em covas de 10 cm de profundidade, com espaçamento de 0,50 m entre covas e entre linhas, nas entrelinhas do plantio de guaranazeiro.

Para avaliar a taxa de decomposição empregou-se o método das sacolas de decomposição, que consiste na roçagem e acondicionamento da fitomassa das plantas de cobertura, após o estabelecimento, em sacolas confeccionadas em nylon (*Litter bags*), segundo o método de Schunke (1998). As *litter bags* possuíam malha de 2 mm de abertura e dimensões de 0,25 x 0,25 m, foram preenchidas com 100 g do material vegetal fresco de cada espécie de cobertura.

Em cada parcela foram distribuídas 12 sacolas, conforme o tratamento, e em intervalos de 60 dias, após a primeira roçada, três sacolas eram coletadas totalizando quatro períodos de coleta (0; 60; 120; 180 dias).

A matéria seca restante em função do tempo foi calculada pela diferença entre o peso inicial e o peso final para cada período de decomposição. Com estes dados, as taxas de decomposição e liberação de nutrientes foram estimadas utilizando o modelo exponencial simples descrito por Rezende et al. (1999), $x = x_0 e^{-kt}$, onde X representa a quantidade de matéria seca ou nutrientes restantes após o período de tempo t (dias), X₀ é a quantidade de matéria seca ou nutrientes iniciais, e k é a constante de decomposição ou liberação de nutrientes. Com base no modelo ajustado, considerando o valor k, foi possível medir o tempo de meia vida (t^{1/2}) da decomposição ou da liberação de nutrientes como $t^{1/2} = \ln(2)/k$, onde ln(2) é o logaritmo neperiano do número 2, é um valor constante, e k é a constante de decomposição obtida no modelo ajustado. O t^{1/2} expressa o período

de tempo necessário para que 50% do resíduo se decomponha ou para que metade dos nutrientes do resíduo seja libertada.

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 para cada período. 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).

Para a análise estatística foi utilizado o software Sisvar (FERREIRA, 2011), sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA), através do teste F ao nível de 5% de significância. As interações significativas 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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeitos significativos sobre as variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos dois anos agrícolas, em relação aos fatores coberturas e períodos, avaliados isoladamente. Na interação dos fatores, P, K e Ca apresentaram significância em 2018, e em 2019 houve significância para K, Ca e Mg, sendo potássio, o nutriente influenciado pelas coberturas nos dois anos de estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da Anova para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de quatro espécies de cobertura, em quatro períodos de avaliação, em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2018 e 2019.

FV	GL	QM				
		N	P	K	Ca	Mg
2018						
Coberturas	3	468,7593*	20,7589*	3,1934*	1981,7801*	4,4764*
Período de avaliação	3	176,0880*	2,6880*	130,7280*	121,6268*	17,414*
Bloco	3	1,0897 ^{ns}	0,0964 ^{ns}	0,5230 ^{ns}	3,3380 ^{ns}	0,0993 ^{ns}
Coberturas x Períodos	9	4,7489 ^{ns}	0,6857*	2,2657*	25,2872*	0,1251 ^{ns}
Resíduo	45	3,9987	0,0704	0,3599	3,4164	0,2539
C. V. (%)		7,07	10,62	16,47	12,23	14,49
2019						
Coberturas	3	166,3855*	4,2026*	8,4700 ^{ns}	792,0906*	19,1172*
Períodos de avaliação	3	119,0484*	2,1639*	381,2433*	220,3252*	11,0868*

Bloco	3	4,6526 ^{ns}	0,2493 ^{ns}	0,4033 ^{ns}	19,6260 ^{ns}	0,6168 ^{ns}
Coberturas x Períodos	9	17,7766 ^{ns}	0,0996 ^{ns}	7,9077*	27,7363 ^{ns}	1,6240*
Resíduo	45	13,8732	0,1426	2,1082	8,1569	0,2147
C.V (%)		13,20	19,00	26,22	21,99	14,11

*: significativo a 5%; ^{ns}: não significativo pelo teste F. C.V: Coeficiente de variação

3.1 Teores iniciais de nutrientes

Quanto aos teores iniciais de nutrientes avaliados na matéria seca das plantas de cobertura durante os anos 2018 e 2019, *Canavalia ensiformis* exibiu altos teores para Nitrogênio (N) e Fósforo (P) quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 3). De acordo com Roumet et al., (2008), esse resultado pode estar relacionado à própria natureza da família das espécies de leguminosas que determina além da produção de matéria seca, a fixação e acúmulo de Nitrogênio por meio do processo de fixação biológica.

Tabela 3. Teores iniciais de N, P, K e Mg na fitomassa da parte aérea de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2018 e 2019.

Plantas de cobertura	2018				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
<i>Arachis pintoi</i>	27,17 b	1,97 b	3,75 a	13,75 b	4,65 a
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	21,07 c	1,89 b	3,08 b	4,45 d	2,91 c
<i>Canavalia ensiformis</i>	32,01 a	4,20 a	3,77 a	30,76 a	4,07 b
<i>Mucuna deeringiana</i>	32,84 a	1,91 b	3,98 a	11,51 c	3,02 cb
Coef. de variação (%)	7,07	10,62	16,47	12,23	14,49
	2019				
<i>Arachis pintoi</i>	28,46 a	0,17 c	5,00 b	16,41 b	4,90 a
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	19,23 b	0,18 cb	5,75 ba	4,95 d	2,53 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	28,36 a	0,28 a	4,92 b	20,84 a	2,91 b
<i>Mucuna deeringiana</i>	31,09 a	0,21 b	6,47 a	9,74 c	2,78 b
Coef. de variação (%)	13,20	19,00	26,22	21,99	14,11

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Novais et. al., (2007), a concentração de P nas plantas varia de 0,5 a 3,0 g kg⁻¹, e os teores adequados para um bom desenvolvimento estão na faixa entre 1,0 a 1,5 g kg⁻¹. Os resultados para *C. ensiformes* em relação ao teor de P demonstraram que esta espécie é eficiente na absorção desse nutriente, pois apresentou teores de P dentro da faixa estabelecida pelos autores.

Horst et al., (2001) estudando medidas para aumentar a disponibilidade de P para as culturas a partir do uso de algumas plantas de cobertura, dentre elas *Canavalia ensiformes*, concluíram que as espécies podem alterar as formas de P no solo, tendendo

para formas mais solúveis. O efeito principal dessas mudanças parece estar relacionado com a reciclagem do P mobilizado no resíduo. Segundo Casali et al. (2011) é fundamental a identificação de plantas com maior potencial de absorver e ciclar o fósforo, principalmente as que podem ser utilizadas como plantas de cobertura cultivadas em sucessão com espécies comerciais.

Em 2018 *Mucuna deeringiana* e *C. ensiformis* apresentaram altos teores de Potássio (K), seguido de *Arachis pintoi* (Tabela 3). A alta capacidade dessas coberturas em acumular K as torna uma boa alternativa para incremento desse elemento em um sistema no qual sejam cultivadas espécies exigentes nesse nutriente (OLIVEIRA et al., 2007).

Brachiaria ruziziensis apresentou teores de N e K baixos em relação as outras plantas de cobertura avaliadas nos dois anos (Tabela 3). Portanto, o uso de plantas de cobertura do gênero *Brachiaria*, pode ser uma alternativa eficaz para manter o solo coberto durante os períodos de pousio e aumentar a ciclagem de nutrientes nas rotações de culturas (CALENGO e ROSOLEN, 2013).

Altos teores de Cálcio (Ca) são observados em *C. ensiformis*, diferindo-se estatisticamente das demais plantas de cobertura em 2018 e 2019. Entre as leguminosas, essa espécie se mostrou eficiente em ciclar nutrientes quando observado altos tores de N, P, K e Ca na fitomassa dessa cobertura (Tabela 3).

Saminêz et al., (2006), ao avaliar a capacidade de extração de nutrientes do solo pelo feijão-de-porco (*Canavialan ensiformis*) sob sistema orgânico de produção nas condições de verão dos cerrados, em Brasília, observaram altos teores de N, K e Ca. Segundo Pandovam et al., (2011) esses resultados reforçam o grande potencial do feijão-de-porco em reciclar nutrientes e serve de subsídio para o planejamento do manejo da fitomassa vegetal, visando o uso eficiente para as culturas subsequentes.

Quanto ao teor de Magnésio (Mg), *A. pintoi* se diferencia estatisticamente das demais plantas de cobertura ao apresentar teores de Mg superiores em relação as demais espécies (Tabela 3), com teores na faixa observada por Azevedo (2010), que estudando genótipos de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) verificou teores médios de Mg na fitomassa das plantas avaliadas variando de 4,42 a 9,17 g.kg⁻¹.

As espécies de leguminosas apresentaram altos teores dos macronutrientes avaliados em relação à *B. ruzizienses* (Gramínea). Estes resultados são importantes, pois o que se espera das plantas de cobertura é que ciclem nutrientes em grandes quantidades.

3.2 Taxa de decomposição

A dinâmica de decomposição apresentou um padrão semelhante em 2018 e 2019, onde a matéria seca decresceu ao longo do tempo, se ajustando a um modelo quadrático.

Nos anos 2018 e 2019 verificaram-se elevadas perdas de matéria seca das plantas de cobertura aos 60 dias após a deposição das sacolas de decomposição na área. Esses valores elevados podem ser justificados pela alta precipitação ocorrida nos meses de maio e junho, considerado o período chuvoso na região, coincidindo com o momento de deposição (Figura 1).

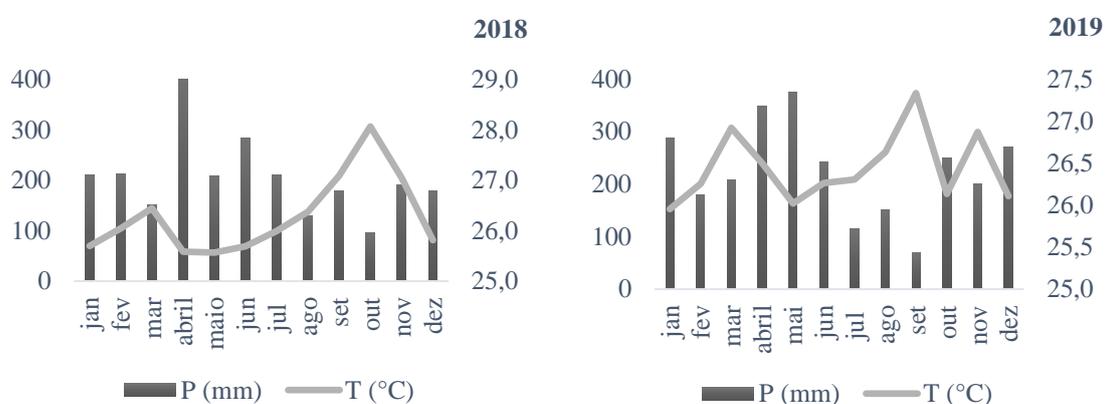
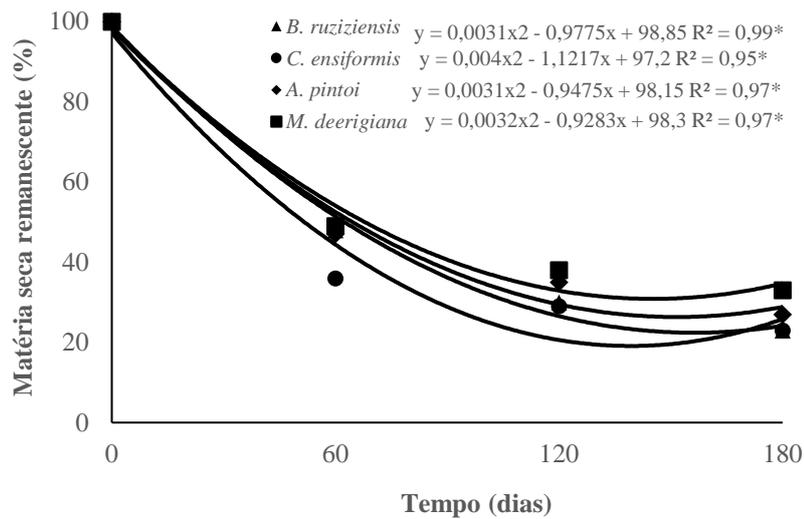


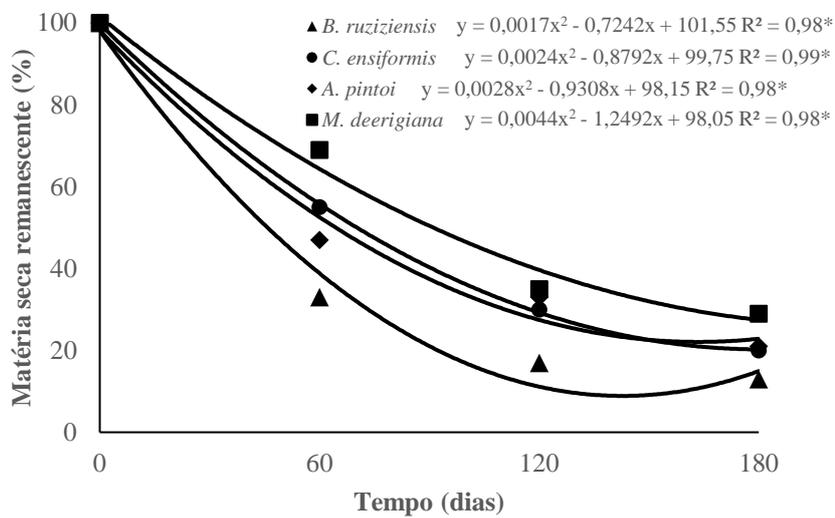
Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) média da área experimental no município de Presidente Figueiredo – AM. 2018 e 2019.

Estudos comprovaram que a precipitação pluvial tem influência sobre a velocidade de decomposição dos resíduos, onde se destaca que a decomposição aumenta com o aumento da precipitação e diminui, no período seco do ano (TORRES et al., 2008; BOER et al., 2008; LEITE et al., 2010; PACHECO et al., 2011).

Aos 60 dias, após a distribuição das sacolas de decomposição na área experimental, a quantidade de material remanescente variou de 36 a 48% entre as coberturas, em 2018, e em 2019 variou de 33 a 69% no primeiro período de avaliação. Aos 180 dias essa variação foi de 23 a 33% em 2018 e de 13 a 29% em 2019 (Figura 2).



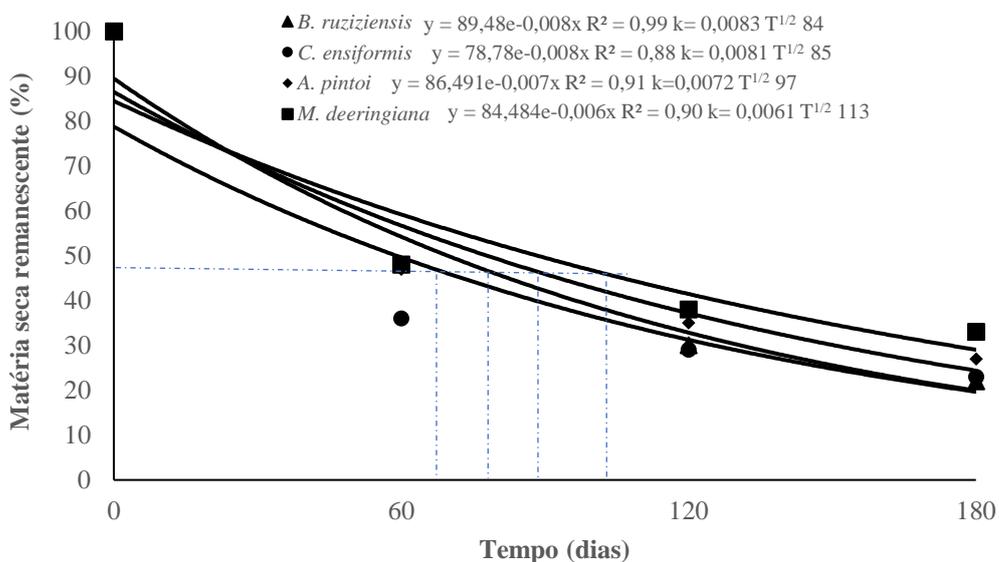
(a)



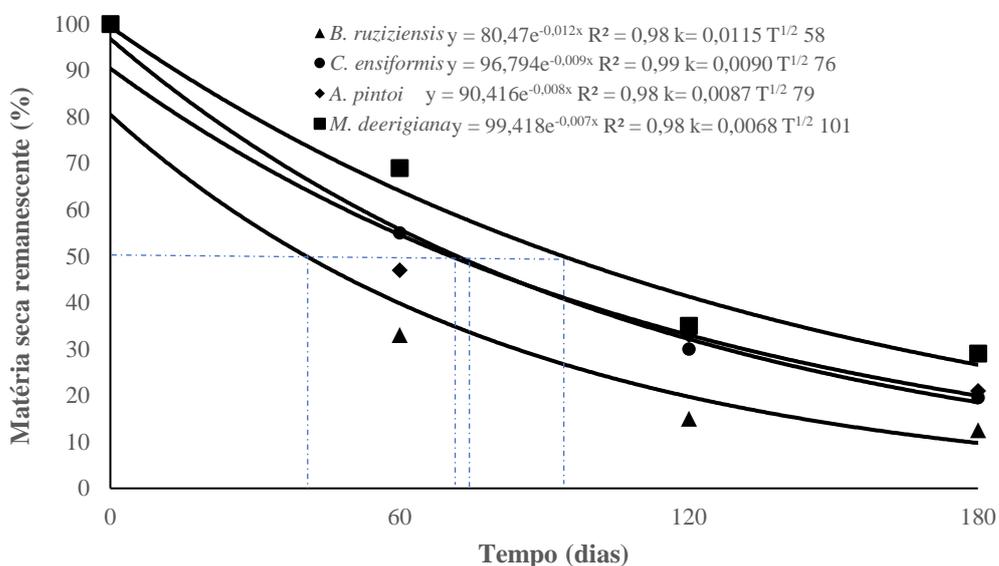
(b)

Figura 2. Matéria seca remanescente de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro, em quatro períodos de avaliação. Presidente Figueiredo - AM. 2018 (a) e 2019 (b).

O tempo de meia vida $T^{1/2}$ da fitomassa das plantas de coberturas avaliadas variou nos dois anos do estudo. Em média as leguminosas tiveram 50% da fitomassa de matéria seca decomposta aos 98 dias em 2018 e aos 85 dias em 2019 (Figura 3).



(a)



(b)

Figura 3. Constante de decomposição k ($g\ dia^{-1}$) e tempo de meia vida $T^{1/2}$ (dias) dos resíduos de plantas de cobertura, em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo-AM. 2018 (a) e 2019 (b).

M. deeringiana apresentou $T^{1/2}$ de 113 dias em 2018 e 101 dias em 2019 em comparada as outras espécies de leguminosas (Figura 3). A qualidade do resíduo orgânico é um dos fatores reguladores da constante de decomposição e tempo de meia vida. Provavelmente, as espécies de leguminosas apresentam na sua composição mineral maiores quantidades de nitrogênio (N), quando comparadas a outras espécies estudadas (RAMOS et. al., 2018). Concordando com esses autores, as leguminosas estudadas apresentaram altos teores iniciais de nitrogênio nos dois anos de estudo (Tabela 3).

O $T^{1/2}$ de *C. ensiformis* foi em média de 80 dias nos anos estudados (Figura 3). Ramos et. al. (2018) verificando a dinâmica de decomposição e o tempo de meia vida em diferentes espécies de adubo verde observou que *Canavalia ensiformis* apresentou tempo de meia vida semelhante.

A *B. ruzizienses* apresentou $T^{1/2}$ de 84 dias em 2018 e 57 dias em 2019, demonstrando alta taxa de decomposição inicial (Figura 3). A *B. ruzizienses* tem predominância de folhas, o que está relacionado ao baixo teor de lignina no material e a rápida decomposição (CARVALHO et al., 2008), o que pode justificar os valores baixos para o tempo de meia vida dessa espécie. Cavalli et al. (2018) estudando a decomposição e liberação de nutrientes de resíduos de culturas verificou que braquiária apresentou a maior taxa de decomposição (85%) em relação as outras espécies avaliadas nos períodos iniciais.

É importante salientar que o $T^{1/2}$ pode ser influenciado pela composição do material vegetal, a quantidade colocada na sacola de decomposição e o contato com o solo. Para Silva Filho et al. (2018) as taxas de decomposição das espécies de coberturas apresentam discrepâncias na literatura, estas diferenças estão relacionadas, principalmente, com a produção de peso seco e a combinação de altas temperaturas e pluviosidades. Silva Filho et al. (2018) usando 40g de resíduos na sacola de decomposição observaram $T^{1/2}$ de 12 dias para *B. ruziziensis* e 114 dias para *M. deeringiana*; Ramos et al. (2018), estudando decomposição de diferentes tipos de leguminosas com amostras de 200g de resíduos de cultura nas sacolas obtiveram $T^{1/2}$ de 105 dias para *M. deeringiana*.

Os resultados salientam a necessidade de estudos relacionados a decomposição de plantas de cobertura levando em consideração maiores períodos, testando as dimensões das sacolas de decomposição e quantidades de material vegetal colocados nas sacolas.

3.3 Liberação de nutrientes

Quanto a taxa de liberação de fosforo (P) a partir da decomposição dos resíduos das plantas de cobertura, a análise de regressão mostrou significância para *B. ruziziensis*, *C. ensiformis* e *M. deeringiana* em 2018. Aos 180 dias o teor de P remanescente foi de 61% (*Canavalia ensiformis*), 68% (*Mucuna deeringiana*) e 74% (*Brachiaria ruziziensis*). As coberturas avaliadas apresentaram para P $T^{1/2}$ em média de 329 dias demonstrando lenta liberação desse nutriente no sistema (Figura 4), o que favorece a utilização desse nutriente pela cultura do guaraná.

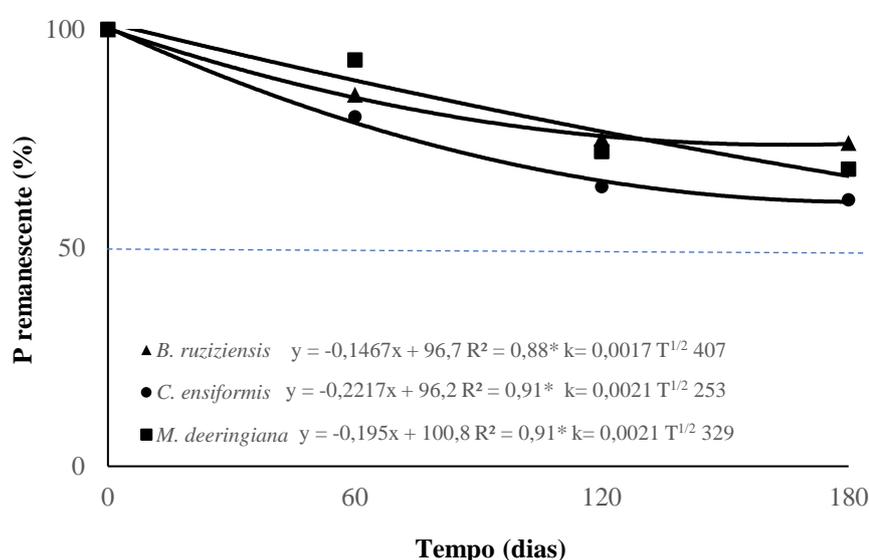
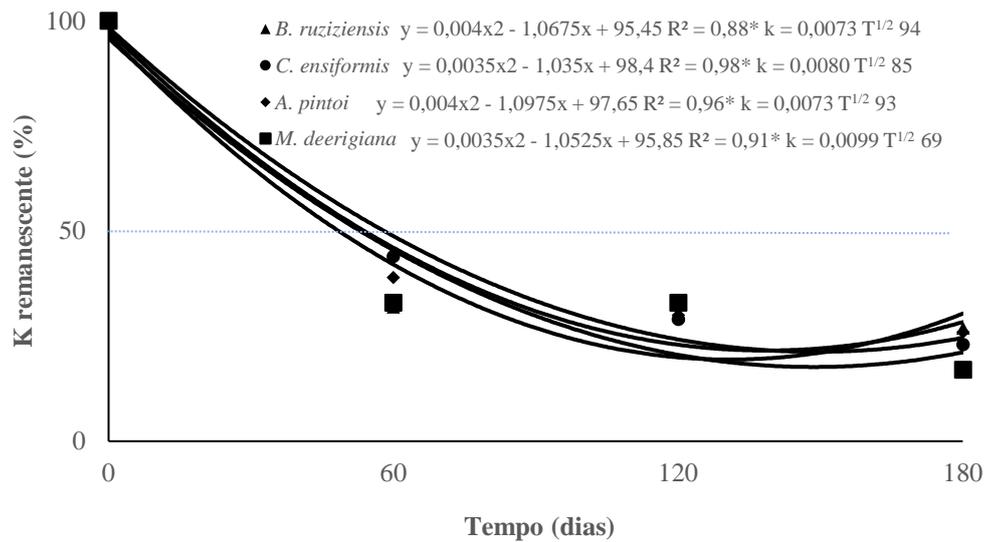


Figura 4. Teor de P remanescente, constante de decomposição k (g dia⁻¹) e tempo de meia vida $T^{1/2}$ (dias) relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2018. *($p < 0,05$).

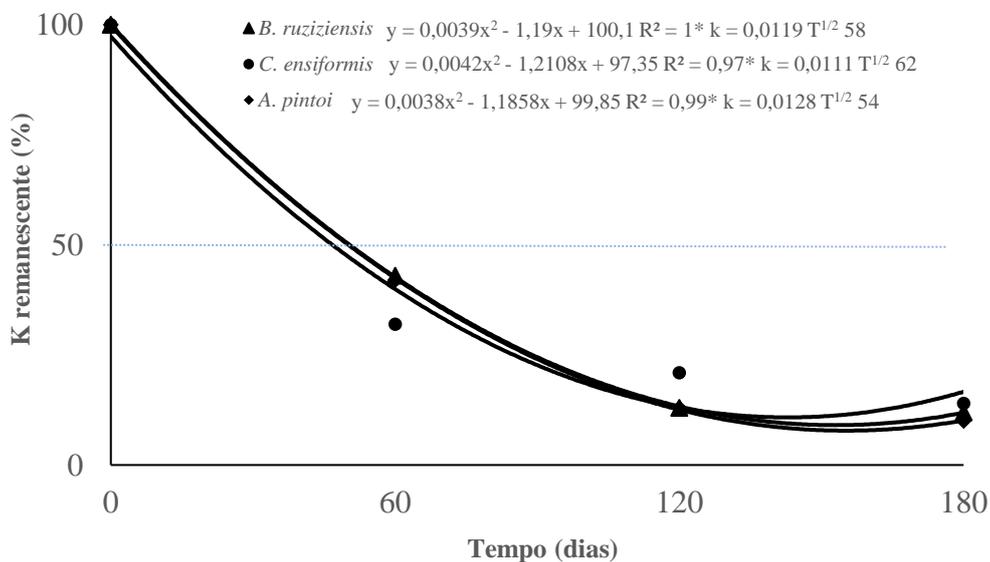
A maior parte do P na planta está associada a componentes orgânicos vegetais (MARSCHENER, 1995) sua liberação está intimamente ligada ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo, o que pode explicar também a dinâmica lenta de liberação desse nutriente no sistema.

Quanto ao potássio (K) remanescente em 2018 e 2019 ao longo dos períodos, as espécies de cobertura apresentaram ajustes dos dados na função quadrática, com acentuada liberação inicial e posterior redução. O $T^{1/2}$ para K foi de 94 dias nos resíduos de *B. ruziziensis* em 2018 e de 58 dias em 2019. Observa-se para *C. ensiformis* em 2019 $T^{1/2}$ de K de 62 dias. *M. deeringiana* em 2018 apresentou $T^{1/2}$ de 69 dias e *Arachis pintoi*

de 54 dias em 2019. Esses resultados estão relacionados com a rápida liberação de K nos primeiros 60 dias após a deposição das sacolas (Figura 5).



(a)



(b)

Figura 5. Teor de K remanescente, constante de decomposição k (g dia^{-1}) e tempo de meia vida $T^{1/2}$ (dias) relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2018 (a) e 2019 (b). $^*(p < 0,05)$.

Segundo Marschner (1995), a velocidade de liberação de nutrientes dos resíduos culturais durante o processo de decomposição depende da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal. O K, que se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas, é rapidamente liberado logo após o manejo das plantas de cobertura, com pequena dependência dos processos microbianos, isso explica a rápida liberação de K no sistema em ambos os anos.

Outros autores também relatam a facilidade com que o elemento K é liberado durante a sua decomposição (OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA 2010; TEIXEIRA et al., 2011). Estes resultados podem estar relacionados à forma de compartimentalização do K na planta, uma vez que ele não é componente estrutural de qualquer composto, sendo assim a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação (GAMA-RODRIGUES, 2002; COSTA et al., 2005).

C. ensiformis e *M. deeringiana* apresentaram regressão significativa, ajustando-se a uma função linear em relação ao teor remanescente de cálcio (Ca) em 2018. Aos 180 dias o teor de Ca remanescente foi de 44% para *M. deeringiana* e 65% para *C. ensiformis*. O $T^{1/2}$ de Ca para *M. deeringiana* foi de 152 dias e para *C. ensiformis* de 294 dias (Figura 6).

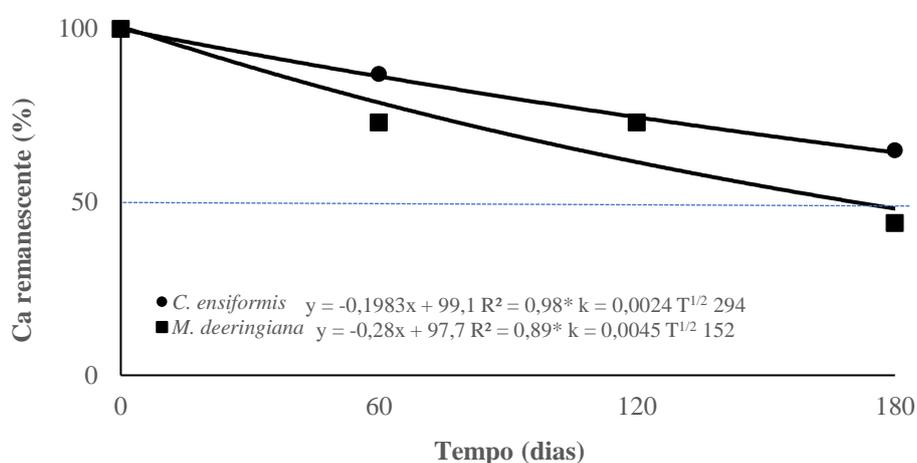


Figura 6. Teor de Ca remanescente, constante de decomposição k (g dia^{-1}) e tempo de meia vida $T^{1/2}$ (dias) relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2018. $*(p < 0,05)$.

Tempos de meia vida com valores altos para Ca neste experimento podem ser explicados pelo fato de Ca não ser um nutriente de fácil remoção, sendo o principal componente da parede celular das células vegetais (CAVALLI et al., 2018).

Em relação ao teor remanescente de magnésio (Mg), não houve interação significativa entre os fatores em 2018. Em 2019 os dados foram ajustados a um modelo linear. Aos 180 dias o teor de Mg remanescente foi 27% para *A. pintoi* com $T^{1/2}$ de 95 dias (Figura 7). A concentração de Mg apresenta redução com o passar do tempo, pois a maior parte do Mg não faz parte de componentes celulares e estruturais das plantas (CRUSCIOL et al. 2008).

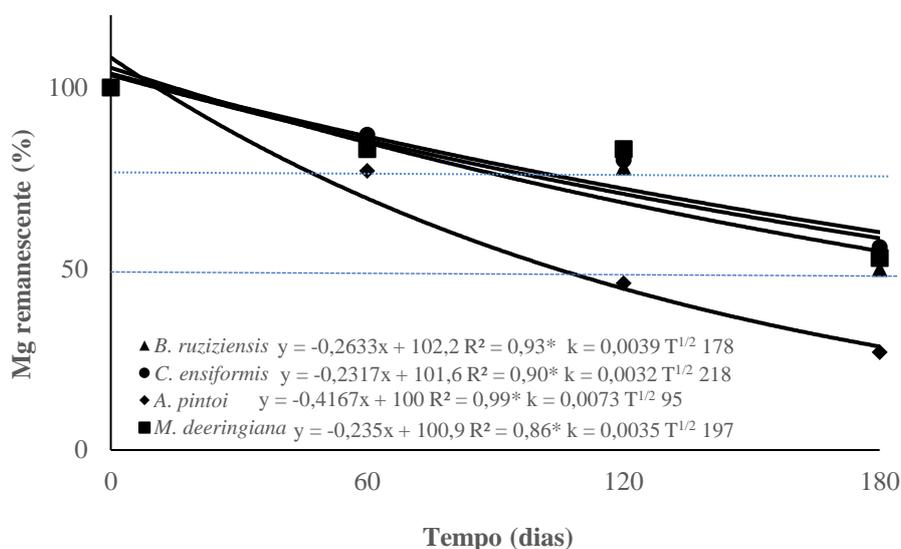


Figura 7. Teor de Mg remanescente, constante de decomposição k (g dia^{-1}) e tempo de meia vida $T^{1/2}$ (dias) relativos às taxas de liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura. Presidente Figueiredo-AM. 2019. $*(p < 0,05)$.

Ao estudar a taxa de decomposição e liberação de nutrientes, Gama-Rodrigues et al. (2007) também verificaram que as taxas de liberação de magnésio foram maiores no feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), comparando-se com amendoim forrageiro (*Arachis Pintoi*).

Os resultados mostram diferentes padrões para a liberação dos nutrientes, o que pode afetar as suas disponibilidades. As plantas de coberturas apresentaram uma rápida decomposição inicial, porém uma lenta liberação de P, Ca e Mg, visto a partir dos valores dos tempos de meia vida, demonstrando a imobilização desses nutrientes nos resíduos, demonstrando que pode estar havendo um processo de competição por esses nutrientes com a cultura principal.

4 CONCLUSÃO

Houve alta taxa de decomposição dos resíduos das plantas de cobertura nos dois anos avaliados.

Altos teores iniciais dos nutrientes avaliados e maiores tempo de meia vida para a decomposição dos resíduos foram verificados para *Arachis pintoii*, *Canavalia ensiformes* e *Mucuna deeringiana*.

A liberação de P, Ca e Mg foi mais lenta, demonstrado a partir dos valores do tempo de meia vida para esses nutrientes.

K apresentou rápida liberação a partir da decomposição dos resíduos das plantas de cobertura avaliadas.

5 REFERÊNCIAS

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.

CASALI, C.A. et al. Mineralização das formas de fósforo do tecido de plantas de cobertura. *Informações Agronômicas*, v. 135, p. 21-24, 2011.

CALONEGO, J. e ROSOLEM, CA Balanço de fósforo e potássio na rotação milho-soja sob plantio direto e escarificação. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* (2013).

CARVALHO, de; SODRÉ FILHO, Joilson. Uso de adubos verdes como cobertura do solo. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2000.

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.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. *R. Árvore*, 29:563-570, 2005.

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.

CRUSCIOL, CAC; MORO, E.; LIMA, EV ANDREOTTI, M. Taxa de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v. 67, p. 481-489, 2008.

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.

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.

FABIAN, A. J. Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. 2009. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal- SP, 2009.

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.

GAMA, Lais Alves da. Plantas de cobertura no manejo sustentável das infestantes e na produtividade do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GAMA-RODRIGUES, A.C. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *R. Árvore*, 26:193- 207, 2002.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In: *MINERAL nutrition of higher plants*. 2nd ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.

RAMOS, Diovany Doffinger; FRANCO, Leidiane Teixeira da Silva; AJALLA, Ana Cristina Araújo; SANTOS, Deives Gabriel Bortolanza; SANTOS, Felipe André dos. Decomposition in Different Species of Legumes (Fabaceae). *UFMS, Campo Grande MS*.2018.

REZENDE CP, CANTARUTTI RB, BRAGA JM, GOMIDE JA, PEREIRA JM, FERREIRA E, TARRÉ R, MACEDO R, ALVES BJR, URQUIAGA S, CADISCH G, GILLER KE, BODDEY RM. Deposição de lixo e desaparecimento em pastagens de *Brachiaria* na região da Mata Atlântica do Sul da Bahia, Brasil. *Nutr Cycl Agroecosys*. 54:99-112. 1999.

SAMINÊZ, T. C. O. et al. Extração de nutrientes por espécies de adubos verdes sob sistema orgânico de produção nas condições de verão dos cerrados. *Revista Brasileira de Agroecologia (online)*, Cruz Alta, RS, v. 1, n. 1, 2006.

LEITE, L. F. C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 41, n. 01, p. 2935, 2010.

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.

NOVAIS, R.F. e SMYTH, T.J. e NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

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 sobres semeadura na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

- PADOVAN, M.P.; MOTTA, I.S.; CARNEIRO, L.F.; MOUTINHO, 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.
- 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.
- 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.
- 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 milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 867-876, 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, J. L. R.; PEREIRA, M. G. & FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *PAB*, 43:421-428, 2008.
- SILVA FILHO, J.L.D., A.L.D.C. BORIN, e A.C.D.B. FERREIRA. Decomposição da matéria seca das culturas de cobertura num sistema de algodão sem cultura. *Rev. Caatinga* 31(2):264-270, 2018.
- RAMOS, D.D., L.T. da S. FRANCO, A.C.A. Ajalla, D.G.B. SANTOS, e F.A. dos SANTOS. Decomposição de Diferentes Espécies de Leguminosas. *Cadernos de Agroecologia* 13(2):1-8. 2018.
- RAGOZO, Carlos Renato Alves; LEONEL, Sarita; CROCCI, Adalberto José. Adubação verde em pomar cítrico. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 1, p. 69-72, Abril 2006.

ROUMET, C. et al. Root traits and taxonomic affiliation of nine herbaceous species grown in glasshouse conditions. *Plant and Soil*, v. 312, p. 69-83, 2008.

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.

CAPÍTULO II

PLANTAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE INVASORAS E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMA AGRÍCOLA COM GUARANAZEIRO
(Paullinia cupana var. *sorbilis* (MART.) DUCKE)

Manaus – AM
2021

CAPÍTULO II: PLANTAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE INVASORAS E ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMA AGRÍCOLA COM GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)

RESUMO

A prática de proteger o solo a partir do uso de plantas de cobertura, seja em consórcio ou sucessão, é importante para a supressão de plantas invasoras, para a garantia da sustentabilidade do sistema agrícola e para a melhoria da qualidade do solo por meio do aumento do estoque de carbono no solo. O experimento foi conduzido em plantio comercial de guaranazeiro na Fazenda Agropecuária Jayoro em Presidente Figueiredo – AM em dois anos agrícolas (2019 e 2020), com delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Para a análise de biomassa e taxa de cobertura os tratamentos foram quatro espécies de cobertura (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*) e uma testemunha. Para a análise do estoque de carbono no solo os tratamentos foram: quatro espécies de cobertura (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis* e *Mucuna deeringiana*), Roçagem e Testemunha (plantas infestantes em livre crescimento). A *Brachiaria ruziziensis* apresentou resultados superiores em relação aos outros tratamentos na produção de biomassa fresca e seca, suprimindo 100% das plantas invasoras nos dois anos avaliados. Os tratamentos não apresentaram diferença significativa para os dados referente a matéria orgânica, carbono no solo e estoque de carbono no solo nos dois anos avaliados.

Palavras chave: Cobertura vegetal; plantas daninhas; matéria orgânica; carbono no solo

ABSTRACT

The practice of protecting the soil through the use of cover crops, either in intercropping or in succession, is important for weed suppression, ensuring the sustainability of the farming system and improving soil quality by increasing soil carbon stock. The experiment was conducted in a commercial guaranazeiro plantation at Fazenda Agropecuária Jayoro in Presidente Figueiredo - AM in two agricultural years (2019 and 2020) with a randomized block experimental design with four repetitions. For the biomass and cover rate analysis, the treatments were four cover species (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* and *Mucuna deeringiana*) and a control. For the soil carbon stock analysis, the treatments were four cover crops (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis* and *Mucuna deeringiana*), clearing and a control (weeds growing freely). *Brachiaria ruziziensis* showed superior results compared to the other treatments in the production of fresh and dry biomass, suppressing 100% of weeds in the two years evaluated. The treatments showed no significant difference for organic matter data, soil carbon and carbon stored in the soil in the two years evaluated.

Keywords: Ground cover; weeds; organic matter; soil carbon

1 INTRODUÇÃO

A prática de proteger o solo a partir do uso de plantas de cobertura, seja em consórcio ou sucessão, é importante para a garantia da sustentabilidade do sistema

agrícola. Essas plantas atuam na proteção do agroecossistema, a partir do processo de decomposição das coberturas, da ciclagem de nutrientes, elevando o teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, contribuindo para o aumento do estoque de carbono no solo.

O uso de plantas de cobertura em sistemas de cultivo é indicado com base em várias conseqüências benéficas que se seguem a sua utilização, incluindo a redução da erosão, aumento das taxas de infiltração e precipitação, aumento da disponibilidade e redução da perda de nutrientes, e supressão das plantas infestantes (SNAPP et al., 2005; PETROSINO et al., 2015).

Em práticas de cultivo mínimo do solo, a incorporação de restos culturais e resíduos orgânicos, a adubação verde e as rotações de cultura com gramíneas ou leguminosas, retém o carbono nos solos por décadas, inclusive séculos. Baseado nesses relatos e com o pressuposto das práticas da agricultura orgânica, o emprego de todas essas estratégias, apresentam-se como excelentes alternativas para fixação do carbono e para a redução do principal gás de efeito estufa, o CO₂ (DIXON, 1995).

O conhecimento da variabilidade e espacialização dos estoques de C no solo é fundamental para a caracterização e monitoramento de uma dada área em relação à qualidade do solo. Os estoques de carbono no solo (ECS) são um dos indicadores chave na prestação de serviços ambientais promovidos por boas práticas agrícolas. O conhecimento dessa variabilidade e espacialização dos estoques de C no solo é condicionado pelos componentes da paisagem expressos por: clima, relevo, classes de solo, tipos de cobertura vegetal e uso da terra (OLIVEIRA et al., 2015).

Nesse sentido, justifica-se a necessidade de informações a respeito do estoque de carbono no solo a partir do uso de plantas de cobertura para subsidiar pesquisas posteriores que visem o manejo de áreas, visando a qualidade do solo por meio do estoque de carbono. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a supressão de plantas invasoras e o estoque de carbono, a partir do uso de plantas de cobertura em cultivo comercial de guaranazeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Agropecuária Jayoro nos anos de 2019 e 2020 em área de produção comercial de guaranazeiro, localizada no município de Presidente Figueiredo-AM, Rod. BR - 174 - KM 120, cujas coordenadas geográficas são:

Latitude: 01° 96' 04" S e Longitude: 60° 14' 37" W. O clima predominante na região é equatorial úmido com temperaturas variando entre 25 e 35 °C, com precipitação pluvial média anual de 2000mm. O solo predominante na área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo argiloso distrófico, conforme EMBRAPA (2018).

As características químicas do solo foram determinadas no início do experimento no ano de 2019, através da amostragem com trado, a 10 cm de profundidade, pela técnica de zigue-zague para coleta de amostras compostas homogeneizadas para obtenção de uma amostra simples. As análises foram realizadas no Laboratório de análise de Solos de Viçosa - MG (Tabela1).

Tabela 1. Composição química de amostras de solo coletadas anterior a instalação do experimento em Presidente Figueredo – AM. 2019.

Camada m	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	MO dag kg ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	t	T	SB	H ⁺ AL ⁻¹	V	m
					-----cmolc/dm ⁻³ -----							----%----	
0,00- 0,10	5,26	4,22	75,79	4,20	1,47	0,96	0,39	3,02	9,04	2,63	6,40	29,08	18,02

*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⁺ AL⁻¹: acidez potencial; V: saturação de bases; m: saturação em alumínio.

As espécies *Brachiaria ruzizienses* e *Arachis pintoi* plantadas em 2018, por se tratarem de plantas perenes, encontravam-se estabelecidas na área experimental e foram avaliadas em 2019 e 2020. Sendo assim, em 2019 foi realizado o replantio de *Canavalia ensiformis* – 135 kg ha⁻¹ e *Mucuna deeringiana* – 80 kg ha⁻¹.

Nas parcelas que receberam o replantio de *Mucuna deeringina* e *Canavalia ensiformis* foi realizada adubação fosfatada com superfosfato simples (20% P₂O₅), de acordo com as recomendações para as plantas de cobertura.

2.1 Biomassa e taxa de cobertura

A biomassa foi determinada usando-se um quadro amostrador com 0,12 m² de área, lançado ao acaso duas vezes, totalizando 0,24 m² de área amostral por parcela. O material vegetal que se encontrava dentro do amostrador foi cortado e após a secagem foi determinada a massa seca das plantas de cobertura.

A porcentagem de cobertura foi avaliada aos 6 meses (julho) e no final do ciclo de cultivo aos 12 meses (dezembro) de cada ano, por meio do método da transecção linear (LAFEN et al.,1981). Para isso, foi utilizada uma corda com marcações a cada 10 cm, esticada aleatoriamente nas entrelinhas de cada parcela formando um X, 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.

2.2 Estoque de carbono no solo

As amostragens do solo foram efetuadas no mês de dezembro em 2019 e 2020. Para a determinação da densidade do solo foram coletadas amostras indeformadas na linha central das parcelas, utilizando-se anéis metálicos com dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro. As amostras indeformadas foram coletadas e os anéis embalados em filme PVC para se evitar perda de umidade. Essas amostras foram levadas ao laboratório para pesagem e secagem.

Após a pesagem, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada, a 105°C até peso constante para posterior pesagem a fim de se determinar o valor de massa seca. Obtida a massa seca do solo, determinou-se sua densidade através da equação:

$$\rho = m_s/V_s$$

Onde:

ρ - Densidade do solo seco, em g/cm³.

m_s - Massa do solo seco, em g.

V_s - Volume do solo seco, em cm³.

Para a determinação do estoque de carbono foram coletadas amostras deformadas na profundidade de 0 -10 cm. Cada parcela foi percorrida em zigue-zague, coletando-se 3 amostras simples visando compor uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar, preparadas e enviadas para determinação da matéria orgânica no Laboratório de Solos de Viçosa pelo método Walkley-Black.

Com a densidade do solo determinada neste trabalho foi calculado o estoque de carbono no solo (COT) utilizando a equação:

$$\text{Estoque COT (mg ha}^{-1}\text{)} = [\text{COT}] \times D_s \times E/10$$

Onde:

[COT] = teores totais de C orgânico (g kg⁻¹);

D_s = densidade do solo na respectiva camada (g cm⁻³);

E = espessura da camada de solo (cm).

2.3 Desenho experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado para a análise de biomassa e taxa de cobertura foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram quatro espécies de cobertura (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*) e uma testemunha com plantas infestantes (ausência de plantas de cobertura).

Para a análise do estoque de carbono no solo adotou-se o delineamento de blocos casualizados com 5 tratamentos (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Mucuna deeringiana*, Roçagem e Testemunha) e quatro repetições.

Para a análise estatística foi utilizado o software Sisvar (FERREIRA, 2011), sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA), através do teste F ao nível de 5% de significância. As comparações entre os tratamentos foram analisadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biomassa e taxa de cobertura

A análise de variância mostrou efeitos significativos dos tratamentos sobre a produção de biomassa fresca e seca das plantas de cobertura em 2019 e 2020 (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da Anova para produção de biomassa de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.

		2019	
FV	GL	QM	
		Biomassa fresca	Biomassa seca
Tratamentos	4	80613,652*	6311,947*
Blocos	3	532,762 ^{ns}	1919,040 ^{ns}
Resíduo	12	3689,296	1227,944
CV (%)	-	13,96	32,27
		2020	
Tratamentos	4	9975,800*	1028,450*
Blocos	3	1907,800 ^{ns}	165,516 ^{ns}
Resíduo	12	996,300	240,350
CV (%)	-	16,21	26,80

*: significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo.

Se destacam na produção de biomassa seca no ano de 2019 a espécies *Brachiaria ruziziensis* produzindo cerca de 6,104 kg ha⁻¹, *Canavalian ensiformis* (5,862 kg ha⁻¹) e *Mucuna deeringiana* (5,145 kg ha⁻¹) (Figura 1a). Em 2020 também se destaca com alta produção de biomassa seca as espécies *B. ruziziensis* (3,541 kg ha⁻¹), *C. ensiformis* (2,385 kg ha⁻¹) e *A. pintoii* (2,291 kg ha⁻¹), não havendo diferença significativa entre estas, porém foram superiores à *M. deeringiana* que não diferiu da testemunha (Figura 2a).

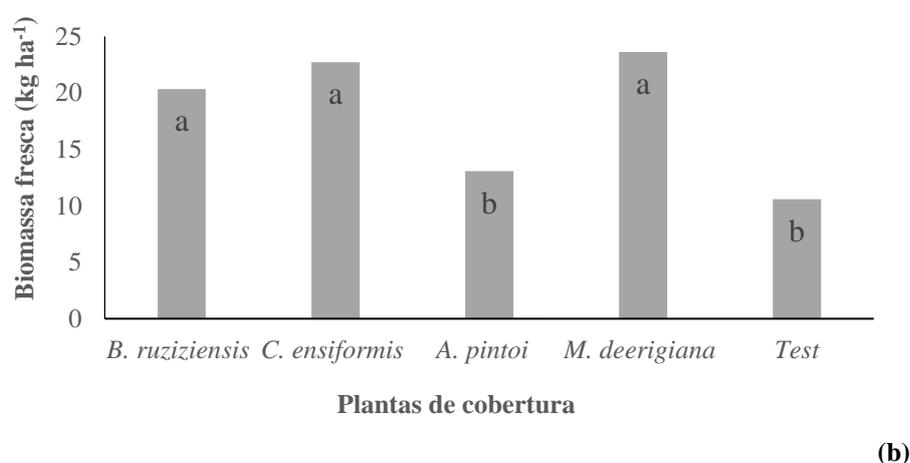
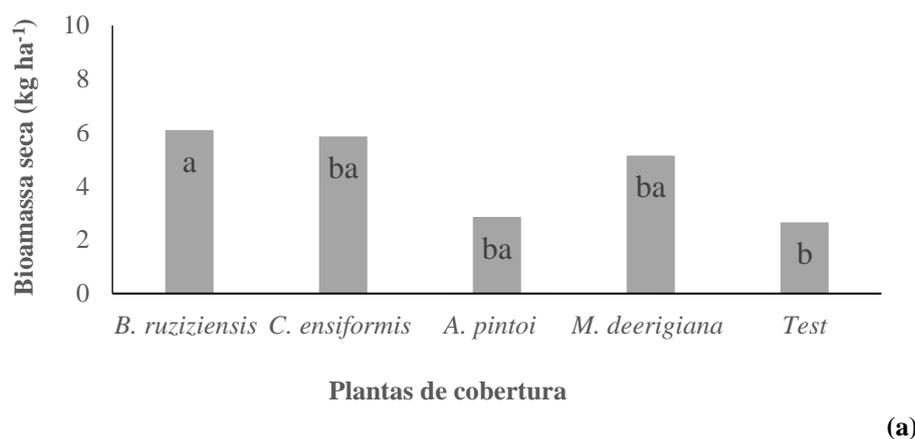
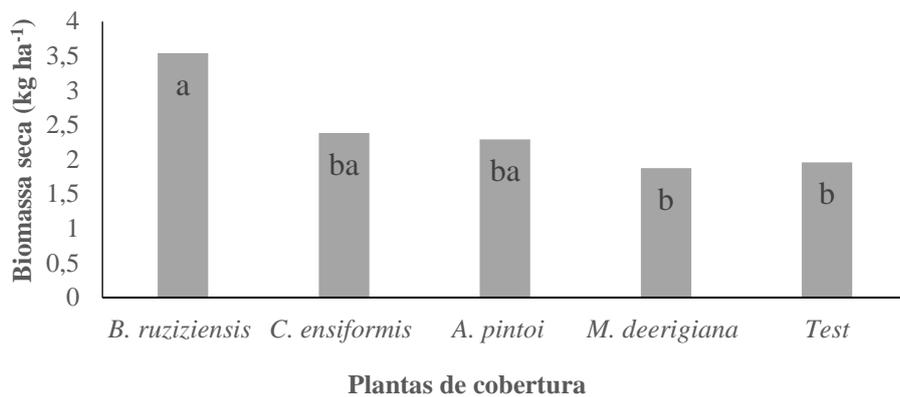
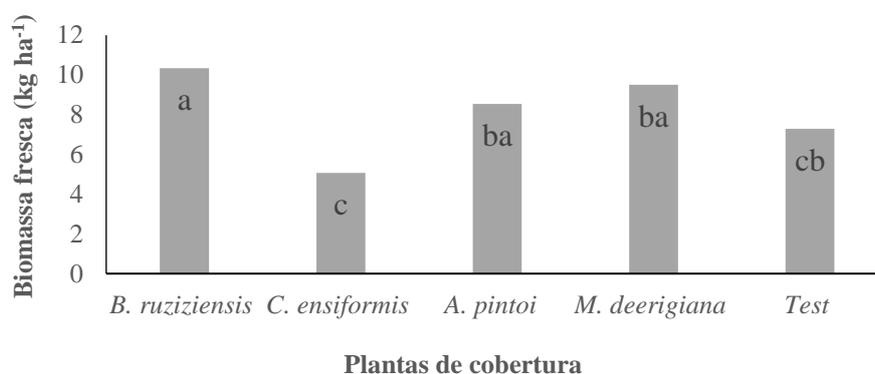


Figura 1. Biomassa seca (a) e fresca (b) de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo - AM. 2019. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.



(a)



(b)

Figura 2. Biomassa seca (a) e fresca (b) de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo - AM. 2020. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Um dos atributos de uma boa cobertura do solo é a capacidade de produção de biomassa seca. A biomassa seca fornecida por *B. ruziziensis* em 2019 foi superior aos resultados encontrados na literatura. Alguns autores afirmam que, para uma planta de cobertura ser recomendada, a produção de biomassa seca deve ser superior a 6.000 kg ha⁻¹ para garantir adequada cobertura do solo (ALVARENGA et al., 2001; NUNES et al., 2006).

Quanto a produção de biomassa fresca, verificou-se que em 2019 a *M. deeringiana* proporcionou maior produção (26,614 kg ha⁻¹) seguido de *C. ensiformis* (22,708 kg ha⁻¹) e *B. ruziziensis* (20,354 kg ha⁻¹) (Figura 1b). Tal produção de biomassa fresca de *M. deeringiana* e *C. ensiformes* está relacionada a estrutura morfológica, ambas apresentam o caule lenhoso, assim se tem um maior acúmulo de água, aumentando assim a produção de massa fresca. Vale ressaltar que assim como a *B. ruziziensis* essas espécies quando bem manejadas apresentam grande desenvolvimento de parte aérea.

Em 2020 as coberturas *B. ruziziensis* (10,333 kg ha⁻¹) e *M. deeringiana* (9,500 kg ha⁻¹) se destacam com alta produção de biomassa fresca (Figura 2b). Para Lima et al., (2001) o peso do material fresco pode se mostrar bastante variável, provavelmente em função do teor de água oscilar bastante a partir da colheita da planta principalmente das condições de umidade relativa do ar desde o local de amostragem até o local de pesagem, além do tempo gasto entre colheita e pesagem.

A região onde o experimento foi realizado é caracterizada por elevadas temperaturas e grande volume de chuva, condições que favorecem o crescimento de plantas invasoras gerando prejuízos na execução dos tratos culturais e competem com a cultura principal por água, luz, nutrientes e espaço, conseqüentemente afetando também a produtividade. Por isso é importante destacar as principais espécies encontradas na área experimental (Tabela 3).

Tabela 3. Plantas invasoras identificadas no sistema de produção de guaranazeiro sob diferentes manejos com plantas de cobertura. Presidente Figueiredo, AM. 2019.

Família	Espécies	
	Nome científico	Nome comum
Asteraceae	<i>Praxelis pauciflora</i>	Botão-azul
Cleomaceae	<i>Cleome affinis</i>	Sojinha
Commelinaceae	<i>Comelina bengalensis</i>	Trapoeraba
Cucurbitaceae	<i>Melothria pendula</i>	Mini pepino
Cyperaceae	<i>Cyperus diffusus</i>	Capim-agreste
	<i>Cyperus distans</i>	Tiririca-comum
Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i>	Zabelê
	<i>Acalypha arvensis</i>	Rabo-de-gato
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira
	<i>Acalypha arvensis</i>	Rabo-de-gato
Poaceae	<i>Axonopus fissifolius</i>	Capim
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Capim-colchão
	<i>Brachiaria ruzuziensis</i>	Braquiaria
	<i>Paspalum conjugatum</i>	Capim-azedo
Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i>	Erva-quente
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i>	Jurubeba
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Gervão

As plantas invasoras evoluíram nas áreas de cultivo em resposta às alterações ambientais, principalmente no solo. Além disto, as plantas de interesse comercial também sofreram, ao longo do tempo, modificações para melhorar características desejáveis,

principalmente produtividade, resultando, entretanto, em plantas de menor capacidade competitiva contra as plantas infestantes e mais suscetíveis ao ataque de pragas e de doenças. Apesar de provocar prejuízos, a ocorrência dessas plantas pode resultar em alguns benefícios para o ambiente agrícola quando o manejo integrado é adotado, como a ciclagem de nutrientes, a cobertura da superfície do solo e a proteção contra o impacto de gotas de chuva são alguns exemplos (FONTES, 2006).

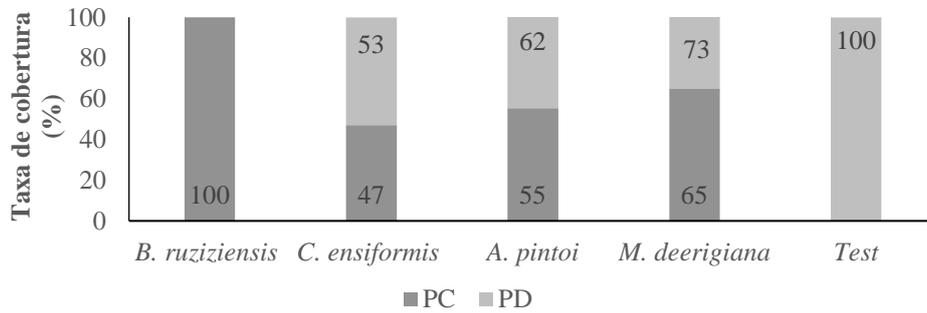
Diante disso as plantas de coberturas colaboram no manejo das invasoras quando proporcionam boa cobertura do solo ao longo do ciclo vegetativo. Para a análise desse efeito observou-se significância entre os tratamentos, nos dois anos experimentais (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da Anova para a taxa de cobertura do solo das espécies de cobertura, em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.

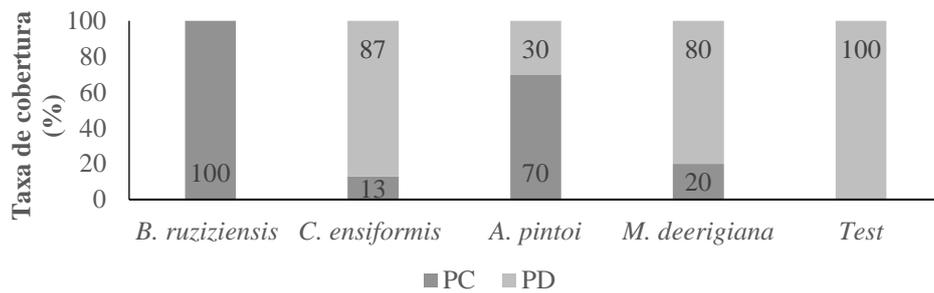
		2019		2020	
		6 meses			
FV	GL	QM		QM	
		PC	PI	PC	PI
Tratamentos	4	48,128*	4677,375*	50,548*	47,052*
Blocos	3	0,142 ^{ns}	28,333 ^{ns}	0,124 ^{ns}	0,117 ^{ns}
Resíduo	12	0,270	59,208	0,374	0,861
CV (%)	-	7,91	23,68	10,25	17,00
		12 meses			
FV	GL	QM		QM	
		PC	PI	PC	PI
Tratamentos	4	47,711*	5227,825*	48,638*	46,082*
Blocos	3	0,937 ^{ns}	62,400 ^{ns}	0,742 ^{ns}	0,989 ^{ns}
Resíduo	12	0,388	27,025	0,176	0,432
CV (%)	-	12,43	10,31	7,35	11,34

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo. PC: planta de cobertura. PI: plantas infestantes

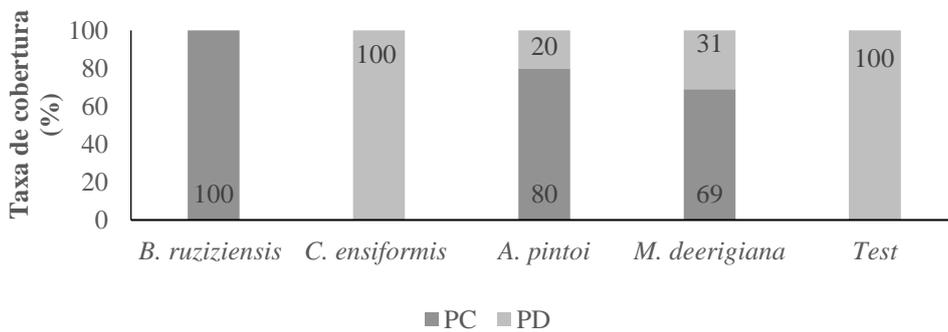
Nos dois anos observa-se que a *B. ruziziensis* cobriu 100% do solo, se estabelecendo até o fim da condução do experimento e suprimindo 100% das plantas infestantes (Figura 3) em concordância com a alta produção de biomassa seca e fresca (Figuras 1 e 2), demonstrando a capacidade de competição para se estabelecer na área e cobrir totalmente o solo. Resultados semelhantes também foram encontrados por Gama et al. (2020) estudando o efeito de plantas do coberturas na supressão de infestantes em um ecossistema amazônico, verificando 100% de cobertura por *B. ruziziensis*.



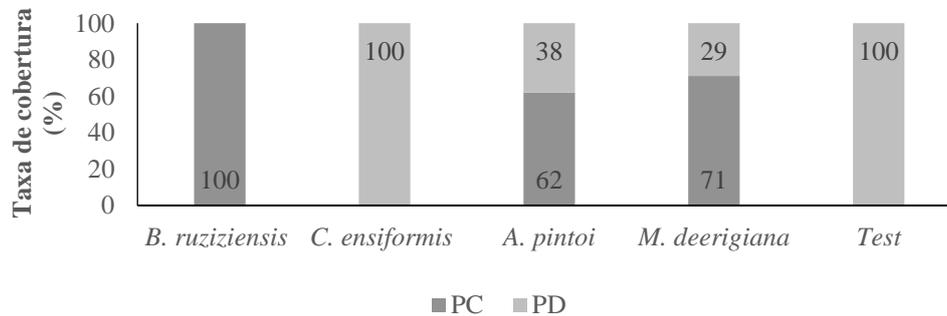
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3. Taxa de cobertura vegetal sobre o solo proporcionada pelas plantas de cobertura e pelas plantas infestantes em 2019 aos seis (a) e 12 meses (b) e em 2020 aos seis (c) e doze meses (d). Presidente Figueiredo-AM.

Segundo Lima et al. (2014) a *Braquiária ruziziensis*, por ser uma espécie de ciclo perene, cresce e se mantém em estágio vegetativo, garantindo a cobertura do solo e supressão de plantas infestantes. A alta produção de massa seca e eficiência na supressão de plantas infestantes pela braquiária também foi verificada por Castro et al. (2011) e Severino et al. (2006).

As espécies de leguminosas (*A. pintoi*, *C. ensiformis* e *M. deeringiana*) apresentaram comportamentos diferenciados quanto a taxa de cobertura. Aos seis meses após o plantio em 2019, as leguminosas proporcionaram em média 56% de cobertura do solo. Aos 12 meses em 2019 essas espécies não ultrapassaram 35% de taxa de cobertura (Figuras 3a e 3b).

A *M. deeringiana* apresentou crescimento rápido, mas devido a fenologia da espécie, as plantas daninhas conseguiram superá-la, considerando-se que a porcentagem de plantas infestantes aos 12 meses em 2019 foi superior a 80%. Aos 12 meses em 2020 a *M. deeringiana* apresentou taxa de cobertura de 71% (Figura 3d). A *M. deeringiana* possui hábito de crescimento rasteiro e agressivo, sendo favorecida na competição com as demais espécies. Quando ocorre a decomposição da biomassa vegetal, essa espécie pode exsudar substâncias alelopáticas que podem impedir a emergência das plantas invasoras (CARVALHO et al., 2002; MONQUERO et al., 2009).

Em 2019 *C. ensiformis* apresentou taxa de cobertura de 47% aos 6 meses e aos 12 meses essa taxa caiu para 13%, nota-se maior porcentagem de cobertura das invasoras (Figura 3a). Segundo Lima et al. (2014) a maior porcentagem de cobertura proveniente de plantas daninhas, ocorrem nas plantas de cobertura que apresentam hábito de crescimento ereto como o feijão de porco, esta característica facilita a incidência de luz nas entrelinhas, favorecendo o desenvolvimento de plantas infestantes. Para potencializar a cobertura do solo por *C. ensiformis* é necessário o aumento da densidade de semeadura e diminuição de espaçamento durante o plantio para que haja uma rápida cobertura.

Em 2020, após o replantio, as parcelas com *C. ensiformis* sofreram ataques de lagartas o que interferiu drasticamente na taxa de cobertura. Devido a esse fato, a espécie não pôde exercer seu desempenho máximo de cobertura e no fim do ciclo, as invasoras cobriram 100% do solo (Figura 3cd).

Aos 6 meses em 2019 *A. pintoi* cobriu 55% do solo, já aos 12 meses essa espécie estava cobrindo 70%. Aos 6 meses em 2020 *A. pintoi* estava se estabelecendo como cobertura do solo cobrindo 80%, mas aos 12 meses essa taxa reduziu para 72% (Figura 3 c e d). Essa espécie tem potencial para controlar plantas invasoras (RIVAS e HOLMAN,

2000; DOANH e TUAN, 2004). Por ser perene e produzir elevada produção de biomassa o *A. pintoii* suprime o crescimento de algumas espécies invasoras durante todo o ciclo do cultivo principal se a cobertura for bem manejada.

É importante observar que a taxa de cobertura está ligada à produção de biomassa das plantas de coberturas. 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 invasoras, 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).

3.2 Estoque de carbono no solo

A análise de variância não mostrou efeitos significativos dos tratamentos sobre as variáveis estudadas nos anos de 2019 e 2020 (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da Anova para matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono (Est. COT) no solo a partir do uso de plantas de cobertura em plantio de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.

2019				
FV	GL	QM		
		MO	COT	Est. COT
Tratamentos	4	33,944 ^{ns}	11,420 ^{ns}	36,372 ^{ns}
Blocos	3	143,759 ^{ns}	48,368 ^{ns}	36,225 ^{ns}
Resíduo	12	32,387	10,897	17,734
CV (%)	-	12,42	12,42	12,94
2020				
Tratamentos	4	47,073 ^{ns}	15,837 ^{ns}	23,293 ^{ns}
Blocos	3	29,985 ^{ns}	10,088 ^{ns}	10,590 ^{ns}
Resíduo	12	67,112	22,580	29,352
CV (%)	-	15,03	15,03	16,97

*: significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo. MO: Matéria orgânica; COT: Carbono orgânico total; Est. COT: Estoque de Carbono orgânico total.

Segundo Conceição et al. (2013) a matéria orgânica do solo (MOS) tem sido utilizada como indicador de qualidade, devido à sua sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo e a relação com inúmeros processos que ocorrem no solo. Por estes motivos Campanha et al. (2009) diz que as avaliações dos teores de carbono orgânico total (COT) têm sido consideradas suficientes para entender a dinâmica da MOS em sistemas de exploração agrícola a longo prazo. Entretanto, as variáveis desse experimento foram avaliadas em dois anos agrícolas, o que pode ter contribuído para a

não expressão de diferenças entre as médias das variáveis avaliados em função do manejo com plantas de cobertura.

Oliveira (2014) estudando a fertilidade do solo na profundidade de 0-10 cm sob plantio de clones de guaranazeiro com três anos de idade, manejadas com roçagem no período seco e chuvoso do ano, não verificaram diferenças nos teores de MOS com média de 46,64 g kg⁻¹ e COT com média de 27, 95 g kg⁻¹, resultados aproximados aos encontrados nesse experimento.

A densidade do solo para *B. ruzizienses* é superior as demais (Tabela 6). Segundo Silva et al. (2005) valores de densidades altos são verificados devido ao adensamento natural e ausência de revolvimento do solo na superfície em sistemas manejados com cobertura vegetal ou sistemas de plantio direto.

Vale ressaltar que os valores superiores promovidos por *B. ruziziensis* estão relacionados a maior produção de biomassa por parte da espécie o que vai promover maior adição de resíduos vegetais influenciando na deposição e decomposição de MO no solo, conseqüentemente aumentando os teores de COT e o Est. COT.

A coleta de solo para análise dessas variáveis, foi realizada apenas da camada superior de 0-10 cm. De acordo com Loss et al. (2006), os maiores conteúdos de COT na camada superficial (0-10 cm) é decorrente do maior aporte de material vegetal adicionado ao solo nesta camada e, conseqüentemente pelos os organismos que atuam neste material.

É importante inferir que houve uma diferença nos valores das variáveis avaliadas em relação aos anos agrícolas onde *B. ruzizienis* promoveu aumentos nos teores de MO, COT e Est. COT respectivamente de 9,77 g kg⁻¹, 5,67 g kg⁻¹ e 5,92 Mg ha⁻¹ de 2019 para 2020 (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), estoques de COT (Est. COT) e densidade (Ds) do solo em plantio comercial de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019 e 2020.

2019				
Tratamentos	MO (g kg ⁻¹)	COT (g kg ⁻¹)	Ds (g cm ⁻³)	Est. COT (Mg ha ⁻¹)
<i>A. pintoi</i>	45,70	26,50	1,008	26,68
<i>B. ruziziensis</i>	50,86	29,50	1,036	30,42
<i>M. deeringiana</i>	44,50	25,81	1,002	25,96
Roçagem	43,82	25,42	0,991	25,11
Test	46,33	26,87	0,977	26,40
C. V (%)	11,81	11,82	-	12,94
2020				
<i>A. pintoi</i>	52,22	30,29	1,018	30,79
<i>B. ruziziensis</i>	60,63	35,17	1,033	36,34
<i>M. deeringiana</i>	55,41	32,14	1,023	32,76

Roçagem	49,87	28,93	0,989	28,29
Test	53,91	31,27	0,992	31,11
C. V (%)	12,78	12,78	-	13,78

MO: Matéria orgânica; Ds: densidade; COT: Carbono orgânico total; COT: Estoque de Carbono orgânico total. *Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Entretanto o estoque COT no solo é bastante variável em função das condições climáticas (CARVALHO et al., 2010), tipo de solo (BAYER e IELNICZUK, 1999), manejo aplicado e tempo de implantação do sistema (CARVALHO et al., 2009). Sendo assim, estes resultados ainda que não significativos estatisticamente, são premissas para futuros estudos sobre a influência de coberturas vegetais no estoque de carbono no solo, levando em consideração um maior período de avaliação (anos) buscando avaliar os sistemas de manejo antes e depois da implantação das plantas de cobertura e a verificação da dinâmica do estoque de carbono ao longo das camadas mais profundas do solo.

4 CONCLUSÃO

B. ruzizensis apresentou a maior produção de biomassa fresca e seca.

B. ruzizensis proporcionou supressão de 100% das plantas infestantes nos dois anos avaliados.

Os tratamentos não apresentaram diferença significativa para os dados referente a matéria orgânica, carbono no solo e estoque de carbono no solo nos dois anos avaliados.

5 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; LARA, C. W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. Informe Agropecuário, v. 22, p. 25-36, 2001.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.1-26.

CARVALHO, G. J.; FONTANÉTTI, A.; CANÇA DO, C. T. Potencial alelopático do feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) e da mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cyperus rotandus*). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 26, n. 3, p. 647-651, 2002.

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PICOLLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. Soil and Tillage Research, v.103, p.342-349, 2009.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R. de; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil: uma revisão de literatura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.277-289, 2010.

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Sistemas de produção de grãos e incidência de plantas daninhas. Planta daninha, Viçosa, V.29, P.1001-1010, 2011.

CONCEIÇÃO, P. C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. Soil and Tillage Research, v.129, p.40-47, 2013.

DOANH LQ, TUAN HD. 2004. Improving indigenous technologies for sustainable land use in Northern Mountainous areas of Vietnam. Journal of Mountain Science 1(3):270-275.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF :Embrapa, 2018.

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.

GAMA, Lais Alves da et al. Phytosociology and cover analysis in the suppression of weeds from an Amazonian agrosystem. Rev. Bras. Cienc. Agrar., Recife, v.15, n.4, e8449, 2020.

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.

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.

LOSS A, Pereira MG, BRITO R J de. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. R. Universidade Rural. Série Ciências da Vida, 2006, UFRRJ, 26: 57-69, 2006.

LIMA, E.V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. *Scie. Agr.*, v.58, n.1, 2001.

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*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 85-95, 2011.

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

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. de B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 943-978, 2006.

OLIVEIRA, Eneida Regina Nascimento Características morfofisiológicas e bioquímicas de clones de guaraná *Paullinia cupana* Kunt. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke cultivados sob plantio comercial na Amazônia / Eneida Regina Nascimento Oliveira. --- Manaus: [s.n.], 2014.

OLIVEIRA, Elton Souza; REATTO, Adriana; LLACER ROIG, Henrique. Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 32, n.1/2, p. 71-93, 2015.

SEVERINO, F. L.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II- Implicações sobre as espécies forrageiras. *Planta Daninha*, Viçosa, v.24, n.1, p.45-52, 2006.

RIVAS L and HOLMANN F. 2000. Early adoption of *Arachis pintoii* in the humid tropics: the case of dual-purpose livestock systems in Caqueta, Colombia. *Journal of Livestock Research for Rural Development* 12 (3), 2000.

SILVA, C. G. da.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; Carvalho, D. F. de. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.144-153, 2005.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018

CAPÍTULO III

**PLANTAS DE COBERTURA NO TEOR NUTRICIONAL E NA PRODUTIVIDADE
DO GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)**

Manaus – AM
2021

CAPÍTULO III: PLANTAS DE COBERTURA NO TEOR NUTRICIONAL E NA PRODUTIVIDADE DO GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)

RESUMO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke - Sapindaceae) é uma planta nativa da Amazonia, adaptada à baixa altitude e ao clima quente e úmido que é típico da região, tem grande potencial econômico, cujo atrativo está na composição química de suas sementes. O experimento foi conduzido em plantio comercial de guaranazeiro na Fazenda Agropecuária Jayoro em Presidente Figueiredo – AM nos anos de 2019 e 2020. Para a análise do teor nutricional e produtividade do guaranazeiro o delineamento foi de blocos casualizados com 6 tratamentos (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalian ensiformis* e *Mucuna deeringiana*, Roçagem e Testemunha) e quatro repetições. As plantas de cobertura testadas não afetaram os teores de nutrientes de folhas de guaranazeiro. Os tratamentos roçagem e testemunha proporcionaram os maiores teores de potássio e enxofre em folhas de guaranazeiro. As plantas de cobertura não influenciaram a produtividade de sementes secas de guaranazeiro. Os resultados sugerem estudos a longo prazo em relação a influência das plantas de cobertura no teor nutricional do guaranazeiro e produtividade.

Palavras chave: cobertura vegetal; guaranazeiro; produtividade; sementes secas

ABSTRACT

The guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke - Sapindaceae) is a woody plant, native to the Amazon region, adapted to low altitude and the hot and humid climate that is typical of the region, has great economic potential, where the attraction is in the chemical composition of their seeds. The experiment was conducted in commercial planting of guaranazeiro in Fazenda Agropecuária Jayoro in Presidente Figueiredo - AM in the year 2019. For the analysis of the nutritional content and productivity of the guaranazeiro, a randomized block design was adopted with 6 treatments (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalian ensiformis* and *Mucuna deeringiana*, Grubbing and Witness) and four repetitions. The tested cover crops did not affect the nutrient contents of guaranazeiro leaves; The treatments mowing and control provided the highest contents of potassium and sulfur in guaranazeiro leaves; The cover crops did not influence the productivity of dry seeds of guaranazeiro. The results suggest long-term studies regarding the influence of cover crops on guarana nutrient content and productivity.

Key words: cover crops; guaranazeiro; productivity; dry seeds

1 INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke - Sapindaceae) é uma planta lenhosa, nativa da Amazônia, adaptada à baixa altitude e ao clima tropical. Essa espécie tem grande potencial econômico e o atrativo está na composição química de suas sementes, que possuem alto teor de cafeína (SCHIMPL, 2014; FIGUEROA, 2016). A maior parte da produção é destinada ao mercado interno, com 90% comercializado na forma de rama, sendo cerca de 71,4% destinados à indústria de refrigerantes. O restante, comercializado na forma de pó, bastão e xaropes (SANTOS et al., 2020).

A produtividade média nacional de guaraná foi de 261 kg/hectare em 2018, um aumento de 4,4% em comparação com o ano anterior. O principal estado produtor é a Bahia, que representou 60% da produção nacional. O segundo estado maior produtor é o Amazonas, que representou 27,7% da produção nacional. No Estado do Amazonas, o guaraná é cultivado em quinze municípios, sendo os três principais Maués, Presidente Figueiredo e Urucará, que junto produziram 76,9% do total do estado em 2018 (CONAB, 2019).

Um dos entraves na produção do guaranazeiro é a ocorrência de plantas infestantes nos sistemas agrícolas, as quais competem por nutrientes e outros fatores, afetando diretamente a produtividade de grãos de guaraná. Geralmente o controle dessas plantas infestantes nos guaranazais é realizado pelo método mecânico (capina) ou químico por meio de uso de herbicidas não registrados para a cultura. As plantas de cobertura quando plantadas nas entrelinhas podem contribuir para a supressão das infestantes, para a melhoria da qualidade do solo e para o aumento da produtividade.

O uso de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, pela decomposição dos seus resíduos (DUDA et al., 2003), proporcionando incrementos ao sistema e melhoria para o cultivo em consórcio ou sucessão.

Trabalhos que visem o manejo sustentável nos plantios de guaranazeiro a partir do uso de plantas de cobertura ainda são insuficientes. Levando em consideração a grande importância econômica e social do guaranazeiro para a região amazônica, a busca pela sustentabilidade é viável diante das formas de manejo utilizadas em seu cultivo, as vezes onerosas para o agricultor e impactantes para o meio ambiente, quando se tem o uso

indiscriminado de herbicidas no sistema. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar espécies de plantas de cobertura e a influência nos teores nutricionais e na produtividade de guaranazeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Agropecuária Jayoro nos anos de 2019 e 2020, em área de produção comercial de guaranazeiro. A agropecuária está localizada no município de Presidente Figueiredo-AM, Rod. BR - 174 - KM 120 cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 01° 96' 04" S e Longitude: 60° 14' 37" W. O clima predominante na região é equatorial úmido com temperaturas variando entre 25 e 35 °C, com precipitação pluvial média anual de 2000mm. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo argiloso distrófico, conforme EMBRAPA (2018).

As características químicas do solo foram determinadas no início do experimento no ano de 2019, através da amostragem com trado, a 10 cm de profundidade, pela técnica de zigue-zague para coleta de amostras compostas, homogeneizadas para obtenção de uma amostra simples. As análises foram realizadas no Laboratório de análise de Solos de Viçosa - MG (Tabela1).

Tabela 1. Composição química de amostras de solo coletadas anterior a instalação do experimento em Presidente Figueredo - AM, 2019.

Camada m	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	MO dag kg ⁻¹	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ -----	t -----	T -----	SB -----	H ⁺ AL ⁻¹ -----	V -----%----	m -----
0,00- 0,10	5,26	4,22	75,79	4,20	1,47	0,96	0,39	3,02	9,04	2,63	6,40	29,08	18,02

*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⁺ AL⁻¹: acidez potencial; V: saturação de bases; m: saturação em alumínio.

As espécies *Brachiaria ruzizienses* e *Arachis pintoii* plantadas em 2018, por se tratarem de plantas perenes, encontravam-se estabelecidas na área experimental e foram avaliadas em 2019 e 2020. Sendo assim, em 2019 e 2020 foi realizado o replantio de *Canavalia ensiformis* – 135 kg ha⁻¹ e *Mucuna deeringiana* – 80 kg ha⁻¹.

Nas parcelas que receberam o replantio de *Mucuna deeringina* e *Canavalia ensiformis* foi realizada adubação fosfatada com superfosfato simples (20% P₂O₅), de acordo com as recomendações para as plantas de cobertura.

Foram avaliadas as plantas adultas de guaranazeiro, cultivar BRS Maués em fase de produção, conduzidas a pleno sol, em espaçamento de 5 m x 5 m. As unidades experimentais continham 15 plantas dispostas em três linhas de cultivo. Cada parcela

possuía área total de 400 m². As três plantas da linha central das parcelas foram consideradas como uteis.

Para a avaliação do estado nutricional foram retiradas três amostras foliares de ramos vegetativos e folhas totalmente expandidas das três plantas úteis de cada parcela. Após colhido, esse material foi acondicionado em sacos de papel, identificado e levado ao laboratório para lavagem em água corrente, posteriormente colocado em uma solução diluída de detergente neutro (0,1%) e posteriormente em água destilada. Após o procedimento de assepsia, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até peso constante. Em seguida as amostras foram preparadas e enviadas para análise no laboratório de solos de Viçosa para determinação de N, P, K, Ca, Mg e S.

A produtividade do guaranazeiro foi avaliada a partir do início do mês outubro de 2019 com colheita semanal. A colheita foi realizada manualmente nas 3 plantas uteis das parcelas. Depois de colhidos os cachos eram debulhados, os frutos levados para galpão de beneficiamento e pesados para quantificar a produção e determinação peso fresco. Foi avaliada a produtividade de sementes secas, utilizando como fator de conversão o índice de rendimento médio obtido pela Jayoro na safra 2018, que foi de 15,5% (MORAES et al., 2019). Isto equivale a dizer que do total em peso de frutos colhidos, 15,5% se converteram em sementes secas.

Nesse experimento só foi possível a avaliação do teor nutricional e produtividade do ano de 2019. A partir de dezembro de 2019 a colheita foi interrompida e em 2020 não houve manejo nas plantas de guaranazeiro por conta da situação econômica e da pandemia de COVID-19 que interrompeu as atividades de campo na Agropecuária Jayoro.

2.1 Desenho experimental e análise estatística

Para a análise do teor nutricional e produtividade do guaranazeiro foi adotado o delineamento de blocos casualizados com 6 tratamentos (*Arachis pintoi*, *Brachiaria ruziziensis*, *Canavalian ensiformis* e *Mucuna deeringiana*, Roçagem e Testemunha) com quatro repetições.

Para a análise estatística foi utilizado o software Sisvar (FERREIRA, 2011), sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA), através do teste F ao nível de 5% de significância. As comparações entre os tratamentos foram analisadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não houve efeitos significativos das plantas de cobertura sobre o teor desses nutrientes em folhas de guaranazeiro ($p > 0,05$). A análise de variância mostrou efeitos significativos dos tratamentos apenas para os teores de potássio (K) e enxofre (S) nas folhas de guaranazeiro (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da Anova para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de guaranazeiro. Presidente Figueiredo – AM. 2019.

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamentos	5	0,137 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,077*	0,16 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,16*
Bloco	3	0,071 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Resíduo	15	0,115	0,021	0,018	0,121	0,021	0,03
C. V (%)	-	6,12	7,46	4,11	15,37	10,81	4,33

*: significativo a 5%; ^{ns}: não significativo pelo teste F. C.V: Coeficiente de variação

Entretanto, os teores médios de N, P, Ca e Mg entre os tratamentos foram respectivamente de 30,39 kg ha⁻¹, 3,46 kg ha⁻¹, 4,73 kg ha⁻¹ e 1,32 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de N, P, K e Mg em folhas de guaranazeiro consorciadas com plantas de cobertura. Presidente Figueiredo, AM, 2019.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
<i>Arachis pintoi</i>	33,32	2,85	10,60 ba	3,87	1,07	1,62 ba
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	27,65	3,10	8,70 b	5,00	1,55	1,37 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	29,82	3,70	10,00 ba	5,77	1,37	1,72 ba
<i>Mucuna deeringiana</i>	31,87	3,37	9,90 ba	5,80	1,45	1,72 ba
Roçagem	30,40	3,90	11,00 a	3,72	1,07	1,82 a
Testemunha	29,27	3,85	11,10 a	4,27	1,45	1,97 a
Coef. de variação (%)	6,12	7,46	4,11	15,37	10,81	4,33

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Santos et al. (2020) em um experimento com objetivos específicos de aferirem as respostas de diferentes cultivares e sistemas de produção sobre os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, também não encontraram respostas significativas para N, P, Ca e Mg, em folhas de guaranazeiro cultivados em condições amazônicas.

Os maiores teores de K foram verificados para o tratamento testemunha, seguido da roçagem em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). 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).

Em relação ao S, os tratamentos testemunha e roçagem também apresentaram maiores valores para teores desse nutriente nas folhas do guaranazeiro (Tabela 3). Ressalta-se que a testemunha se tratava de plantas infestantes em livre crescimento. Devido a dinâmica dessas espécies é necessário estudos mais aprofundados para investigar a sua competição com a cultura principal pelos nutrientes, o que pode ter interferido no teor nutricional do guaranazeiro. No tratamento com roçagem, as plantas infestantes eram cortadas e o material ficava depositado na parcela, em decomposição, o que pode ter influenciado no teor de nutrientes encontrado nas folhas do guaranazeiro, quando comparados as plantas de cobertura.

Entretanto, as leguminosas (*Arachis pintoi*, *Canavalian ensiformis* e *Mucuna deeringiana*) apresentaram, respectivamente, médias de 10,60 kg ha⁻¹, 10,00 kg ha⁻¹ e 9,90 kg ha⁻¹ para K e 1,62 kg ha⁻¹, 1,72 kg ha⁻¹ e 1,72 kg ha⁻¹ para S em relação aos teores desses nutrientes nas folhas de guaranazeiro (Tabela 3).

Ressalta-se que as plantas de cobertura estudadas apresentaram lenta liberação dos nutrientes avaliados no capítulo 1 desta tese, o que pode ter influenciado na indisponibilidade para o guaranazeiro. Podemos levar em consideração também o pouco tempo de pesquisa, o que não expressou a ciclagem e incorporação dos nutrientes no sistema.

A maior parte dos nutrientes das plantas de cobertura encontra-se nos resíduos vegetais exercendo função estrutural ou como substância de reserva. Parte do estoque de nutrientes torna-se disponível para as plantas em um intervalo curto de tempo a partir da decomposição, contribuindo com a elevação da produtividade das culturas subsequentes (SOUZA e MELO, 2000).

Quanto a produtividade de sementes secas de guaranazeiro não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da Anova para produtividade de sementes secas de guaranazeiro. Presidente Figueiredo - AM. 2019.

FV	GL	QM Produtividade
Tratamentos	5	13,708 ^{ns}
Blocos	3	25,887 ^{ns}
Resíduo	15	72,167
C.V (%)	-	69,59

^{ns}: não significativo pelo teste F. C.V: Coeficiente de variação

Neste estudo, a produção de matéria seca, o acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura e liberação dos nutrientes de seus resíduos, promoveram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados nos capítulos anteriores. Contudo, não foram suficientes para causarem diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos na produtividade do guaranazeiro (Tabela 5).

Tabela 5. Produtividade média de sementes secas de guaranazeiro em função do uso de plantas de cobertura do solo. Presidente Figueiredo, AM. 2019.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹) *
<i>Arachis pintoi</i>	14,920
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	13,446
<i>Canavalia ensiformis</i>	12,589
<i>Mucuna deeringiana</i>	11,830
Roçagem	9,176
Testemunha	10,451
Coef. de variação (%)	69,59

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

*Rendimento técnico de acordo com a quantificação da empresa Jayoro.

Alguns estudos na literatura mostram que nem sempre as plantas de cobertura influenciam a produtividade das culturas quando consorciadas ou em sucessão: Dozier et al. (2017) e Marcillo e Miguez (2017) concluíram que as culturas de cobertura não afetaram a produtividade de grãos do milho a curto prazo; Gama (2019) avaliando plantas de cobertura em cultivo sustentável de guaranazeiro no período de 2 anos não verificou influencia dessas plantas na produtividade.

É importante observar que a colheita de frutos do guaranazeiro no Amazonas é realizada a partir do mês de outubro percorrendo até janeiro do ano seguinte (CONAB, 2019). A colheita na área experimental foi paralizada no fim de novembro de 2019 e em 2020 não houve manejo e nem colheita, o que também pode ter impedido a expressão do efeito dos tratamentos na produtividade de sementes secas de guaranazeiro.

4 CONCLUSÃO

As plantas de cobertura avaliadas não afetaram os teores de nutrientes do guaranazeiro;

Os tratamentos roçagem e testemunha proporcionaram os maiores teores de potássio e enxofre no guaranazeiro;

As plantas de cobertura não influenciaram a produtividade de sementes secas de guaranazeiro.

5 REFERÊNCIAS

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.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Guaraná – análise mensal – outubro 2019. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/GuaranaZ-ZAnaliseZMensalZ-ZoutubroZ2019.pdf> Acesso em: 20 nov. 2021.

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.

DOZIER, IA, BEHNKE, GD, Davis, AS, NAFZIGER, ED, e VILLAMIL, MB. 2017. Efeitos do cultivo e cobertura nas propriedades do solo e na produção agrícola em Illinois. *Agronomia Jornal*, 109, 1261 - 1270.

DUDA, G.P.; GUERRA, J.G.M.; MONTEIRO, M.T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M.G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Scientia Agricola*, v.60, p.139-147, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF :Embrapa, 2018.

FIGUEROA, A.L.G. 2016. Guaraná, a máquina do tempo dos Sateré-Mawé. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*, 11, 55-85.

GAMA, Lais Alves da. Plantas de cobertura no manejo sustentável das infestantes e na produtividade do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

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.

SANTOS et al. Influências de cultivares e sistemas de produção sobre teores de nutrientes, proteína, metilxantinas e taninos em folhas de guaranazeiro e potencial para a indústria. In: Santos, G. de O. (Org.). *Alimento, nutrição e saúde* 4. Ponta Grossa, PR:

Atena, 2020. Disponível em: <Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Guarana-AnaliseMensal-outubro2019.pdf> Acesso em: 20 dez. 2021.> Acesso em: 19 nov. 2021.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.24, p.885 – 896, 2000.

MARCILLO, GS e MIGUEZ, FE. 2017. Resposta da produtividade do milho às culturas de cobertura de inverno: uma meta-análise atualizada. *Journal of Soil e conservação de água*, **72** (3), 226 - 239.

MORAES, Ronaldo Ribeiro; FONTES, José Roberto; ATROCH, André Luiz; RESENDE, Lucio. Poda e produtividade do guaranazeiro. EMBRAPA (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ISSN 1517;31), 2019.

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ano experimental de 2020 foi afetado pela situação mundial de pandemia, que dificultou a condução do experimento por limitação de acesso à Jayoro e impossibilitou a realização de algumas análises previstas no projeto. Porém, mesmo com as limitações, decidimos adequar e continuar a pesquisa em busca de respostas com os dados obtidos

Nas condições em que foram realizados os experimentos, os resultados demonstraram que as plantas de cobertura têm potencial para produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e na supressão de infestantes. Porém não demonstraram efeitos sobre o estoque de carbono do solo e a produtividade do guaranazeiro. Diante disso sugere-se que são necessários estudos a longo prazo relacionados a decomposição de plantas de cobertura considerando maiores períodos de avaliação da decomposição, testando as dimensões das sacolas de decomposição e quantidades de material vegetal colocados nessas sacolas.

Estudos mais aprofundados para se verificar até que ponto as condições climáticas podem influenciar na decomposição e liberação dos nutrientes nas condições amazônicas, observando a influência das estações climáticas do Amazonas na dinâmica da decomposição.

Estudos em condições amazônicas para avaliar os estoques de carbono no solo em função do uso de plantas de cobertura ainda são necessários, considerando principalmente o tempo de pesquisa e a profundidade de coleta do solo para análise do carbono orgânico.

Estudos voltados para a utilização de plantas de cobertura no manejo de invasoras são importantes para se obter dados de qualidade e sustentabilidade do sistema agrícola a partir da influência dessas culturas.