

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

SISTEMAS DE PRODUÇÕES DE GRÃOS NO ECÓTONO CERRADO-CAATINGA

DENISE BATISTA DE MORAIS

BOM JESUS - PI
2018

DENISE BATISTA DE MORAIS

SISTEMAS DE PRODUÇÕES DE GRÃOS NO ECÓTONO CERRADO-CAATINGA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke

Co-orientador: Dr. Leandro Bartolon

Co-orientador: Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda

BOM JESUS - PI
2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

M828s Morais, Denise Batista de.
 Sistemas de produção de grãos no Ecótono Cerrado-Caatinga
 . / Denise Batista de Moraes. – 2018.
 45 f.

 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
 Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-
 graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2018.
 Orientação: “Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke”.

 1. *Fabaceas*. 2. *Poaceas*. 3. Solos Arenosos.
 4. *Zea mays*. I. Título.

CDD 633.17




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

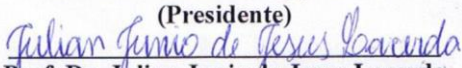


Ata da Reunião da Comissão Julgadora de Defesa de Dissertação de Mestrado de DENISE BATISTA DE MORAIS. Aos vinte e sete dias do mês de julho do ano de dois mil e dezoito, às oito horas, na sala de Videoconferência do CPCE/UFPI, sob a presidência do Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação de DENISE BATISTA DE MORAIS, discente do Curso de Pós-Graduação em AGRONOMIA – SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, visando à obtenção do título de “MESTRE EM AGRONOMIA”, assim constituída: Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke (Membro Externo); Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda (Membro interno); Dr. Leandro Bortolon (Membro Externo), Prof. Dr. Alan Mario Zuffo (Membro externo) e Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan (Membro externo). Iniciados os trabalhos, o candidato submeteu-se à defesa de sua dissertação intitulada: “**SISTEMA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS EM SUCESSÃO DE CULTIVO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA**”, Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição: Dr. Leandro Bortolon – APROVADO; Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – APROVADO Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan – APROVADO; Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda – APROVADO e Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – APROVADO. Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus ao título de “MESTRE EM AGRONOMIA”, área de concentração: “SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS”. A banca sugeriu novo título para a dissertação: “**SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS NO ECÓTONO CERRADO-CAATINGA**”, e novo título do segundo capítulo da dissertação: “**PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI EM SUCESSÃO AO MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA**”, que foi acatado. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

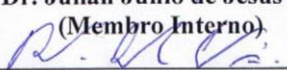
Bom Jesus, 27 de julho de 2018.



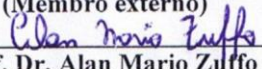
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
(Presidente)



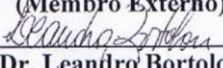
Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda
(Membro Interno)



Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan
(Membro externo)



Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
(Membro Externo)



Dr. Leandro Bortolon
(Membro externo)

Aos meus pais, irmãos e amigos.
Que me apoiaram e fortaleceram,
com suas palavras e ações a todo momento

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por toda a força, perseverança e fé de que precisava para conseguir alcançar meus objetivos e meus sonhos.

A Universidade Federal do Piauí e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia pelo conhecimento e formação.

A Fundação Agrisus, pelo apoio financeiro, sem vocês não seria possível a realização deste projeto, serei imensamente agradecida. Muito obrigada!

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke, por todo ensinamento, aprendizagem e paciência com minhas limitações, obrigada por não desistir de mim após a distância, sempre conseguir uma maneira de melhorar, encontrando soluções para os problemas durante os dois anos de estudo e sempre disponível quando era possível.

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Julian Lacerda, por toda a ajuda, ensinamentos e conselhos que foram passados a mim, obrigada. E a todos os professores que fortaleceram meus conhecimentos.

Aos meus pais, Florentino Morais e Tania Morais e aos meus irmãos por sempre acreditar no meu potencial e apoiar as minhas decisões, pelo amor e carinho que sempre foi me dado.

Agradeço imensamente a Nara Reis, pelo carinho e apoio, por me acolher com tanto amor durante os dois anos.

Ao meu namorado Raynê Reis que sempre acreditou e incentivou em minhas decisões, obrigada pelas motivações e pelos conselhos do certo e errado.

As amigas que construí ao longo do tempo, que me fizeram acreditar que é possível construir amizade e confiança durante todo o mestrado. Agradeço de todo o coração a vocês que ajudaram e deram tudo de si para a tornar possível esse trabalho. Serei sempre grata pela ajuda do Thales Moura, Igor Genovez, Marcelo Twiltz, Jonathan Dalzot, Alan Souza, Estefenson Morais, Rodrigo, Edivaldo. E a todos os colegas que me apoiaram direta ou indiretamente.

Foram todos vocês que fizeram tudo se tornar possível!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	xi
GENERAL ABSTRACT	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1.0 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2.0 CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Produção de grãos milho e feijão-caupi no Ecótono Cerrado e Caatinga	3
2.2 Sistema de plantio direto (SPD).....	3
2.3 Sistema Consorciado de Produção Agrícola.....	4
2.4 Rotação e Sucessão de Culturas.....	6
2.5 Plantas De Cobertura.....	6
2.5.1 Braquiária (<i>Urochloa brizantha</i> cv. marandu).....	7
2.5.2 Crotalária juncea (<i>Crotalaria juncea</i> L.)	7
2.5.3 Feijão Guandu anão (<i>Cajanus cajan</i> L. Millps)	8
3.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 2	15
PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI EM SUCESSÃO DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA.....	15
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4. CONCLUSÕES.....	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO GERAL

MORAIS, Denise Batista. **Sistemas de produção de grãos no Ecótono Cerrado-Caatinga**. 2018. 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, PI.

O uso de sistema consorciado utiliza plantas de cobertura que oferece benefícios na qualidade química e física do solo, principalmente quando cultivados em solos arenosos que possuem baixa fertilidade natural. O uso de plantas de cobertura como fabáceas e poáceas consorciadas favorecem a proteção do solo e na ciclagem de nutrientes para culturas sucessoras. Porém, é necessário aprimoramento desse sistema devido à falta de informações na região de transição Cerrado-Caatinga. Nesse sentido, o trabalho relaciona uma técnica de cultivo que tem como objetivo avaliar o desempenho da produtividade de massa seca, acúmulo de nutrientes, nutrientes em função do tempo e produtividade do milho consorciado com plantas de cobertura, bem como, a avaliação da produtividade do feijão-caupi em sucessão da cultura do milho consorciado, em sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Piauí – localizada no município de Alvorada do Gurguéia-PI/Brasil. Na safra 2016/2017 foi instalado o experimento com delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram consórcios: Milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Milho + Crotalária (*Crotalaria juncea*) (MC); Milho + Feijão guandu-anão (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MF); Milho + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *Urochloa brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho exclusivo ME (*Zea mays*). Na safra 2016/2017 foram avaliados: massa seca, acúmulo dos nutrientes, taxa de cobertura do solo e avaliação dos nutrientes na massa seca nos períodos 30, 60, 90 120 e 150 dias logo após a dessecação e roçagem da área, produtividade de grãos do milho. No início da safra 2017/2018 plantou-se o feijão-caupi em sistema de plantio direto sob as parcelas do experimento e avaliados a massa seca, teores de nutrientes foliares e produtividade do feijão-caupi. As avaliações na massa seca do milho consorciado com plantas de cobertura, grãos de milho e as folhas e grãos de feijão-caupi todos foram realizados procedimentos para as determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S. O maior acúmulo de nutrientes foram observadas nos consórcios MU, MUF e ME na safra 2016/2017. O consórcio de plantas de cobertura influencia a produtividade e exportação de macronutrientes em grãos de milho. Dentre os teores de massa seca e macronutrientes na palhada são influenciados pelos consórcios de plantas de cobertura e pelo tempo de avaliação. A taxa de cobertura do solo foi influenciada pela presença de plantas de cobertura. Na safra 2017/2018, a produtividade dos grãos do feijão-caupi apresentou benefícios quando cultivado sob a palhada de consórcio milho com plantas de cobertura.

Palavras chaves: *fabaceas*, *poaceas*, solos arenosos, *Zea mays*.

¹Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/BOM JESUS

GENERAL ABSTRACT

MORAIS, Denise Batista. **Grain production system in Cerrado-Caatinga Ecotone.** 2018. 45p. Dissertation (Master in Agronomy: Soils and Plant Nutrition) - Federal University of Piauí, PI.

The use of a consortium system uses cover plants that offers benefits in the chemical and physical quality of the soil, especially when cultivated in sandy soils that have low natural fertility. The use of cover crops such as fabaceae and consortium poaceae favors soil protection and nutrient cycling for successor crops. However, it is necessary to improve this system due to lack of information in the Cerrado-Caatinga transition region. In this sense, the work relates a cultivation technique that aims to evaluate the performance of dry mass yield, nutrient accumulation, nutrients as a function of time and yield of maize intercropped with cover crops, as well as the productivity cowpea in succession of intercropping maize in a no-tillage system. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal University of Piauí - located in the municipality of Alvorada do Gurguéia-PI / Brazil. In the 2016/2017 harvest the experiment was set up in a randomized block design with four replicates. The treatments were consortia: Corn + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Corn + *Crotalaria* (*Crotalaria juncea*) (MC); Corn + Dwarf pigeon bean (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MF); Corn + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Corn + *Urochloa brizantha* + Dwarf pigeon bean (MUF). As reference for the consortia was the exclusive corn ME (*Zea mays*). In the 2016/2017 harvest, dry mass, nutrient accumulation, soil cover rate and nutrient evaluation were evaluated in the dry mass in the periods 30, 60, 90 120 and 150 days soon after the desiccation and area rubbing, grain yield of corn. At the beginning of the 2017/2018 harvest, the cowpea was planted under no-tillage system under the experimental plots and evaluated the dry mass, foliar nutrient content and cowpea productivity. The evaluations of the N, P, K, Ca, Mg and S contents of the corn intercropped with cover crops, maize grains and cowpea leaves and grains were performed. The highest accumulation of nutrients were observed in the MU, MUF and ME consortia in the 2016/2017 harvest. The consortium of hedge plants influences the productivity and export of macronutrients in corn grains. Among the dry matter and macronutrient contents in the straw, they are influenced by the coverage cover crops and the time of evaluation. The soil cover rate was influenced by the presence of hedging plants. In the 2017/2018 harvest, the yield of the cowpea beans presented benefits when cultivated under the maize consortium straw with cover plants.

Keywords: *fabaceae*, *poaceae*, sandy soils, *Zea mays*.

¹Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/BOM JESUS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo.....	19
Tabela 2. Massa seca e acúmulo dos macronutrientes do consórcio de milho com plantas de cobertura.....	23
Tabela 3. Produtividade e exportação de nutrientes nos grãos de milho consorciado com plantas de cobertura.....	24
Tabela 4. Valores das médias gerais para avaliação da massa seca, taxa de cobertura do solo e teor dos nutrientes dos resíduos vegetais dias após o manejo do milho consorciado com plantas de cobertura.....	27
Tabela 5. Teores foliares do feijão-caupi em sistema plantio direto na época de florescimento e produtividade dos grãos (kg ha^{-1}).....	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados médios da Precipitação da safra 2016/2017 e 2017/2018 e média histórica da temperatura e precipitação..... 20
- Figura 2.** Taxa de cobertura do solo dias após o manejo do milho consorciado com plantas de cobertura..... 26
- Figura 3.** Nutrientes em função do tempo dias após o manejo..... 28

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do milho é de grande importância econômica para o Brasil, o Mato Grosso e Paraná são os maiores produtores de grãos dessa cultura. O Brasil apresenta uma produção de 88.006,7 milhões de toneladas e uma produtividade de 3.697 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018 de acordo a (CONAB, 2018). Porém a produtividade de milho é diferente em cada região, no Nordeste é a menor registrada no Brasil (2.164 kg ha⁻¹). Os fatores que influenciam a produtividade no Nordeste são os edafoclimáticos e de manejo. Nesse sentido, são as condições de clima e solo que influenciam na produção das culturas. Sendo que, o manejo está relacionado as práticas agronômicas no sistema de produção (SENTELHAS; SANTOS; MACHADO, 2008).

O Nordeste se limita na produtividade de milho devido as estiagens frequentes (SENTELHAS; SANTOS; MACHADO, 2008). A região de transição Cerrado-Caatinga, predomina no estado do Piauí, onde há ausência de chuvas durante a maior parte do ano. No Nordeste também se verifica áreas com predominâncias de Neossolos e Latossolos, os Neossolos possuem baixa fertilidade natural e baixa retenção de água no cultivo, devido principalmente à baixa capacidade de armazenar água. Os Neossolos Quartzarênicos têm predominância de 15% do território brasileiro, as limitações empregadas a estes solos são de grande relevância, devido à acidez elevada e baixa fertilidade natural (FRAZÃO et al., 2008).

As opções de melhoramento físico e químico de solos arenosos se deve a aplicação de práticas agronômicas. O sistema de plantio direto (SPD) é uma técnica de manejo do solo que usa plantas de cobertura, rotações e sucessão de culturas para promover o aporte da palhada no sistema produtivo. A palhada, disponibiliza ao solo maior cobertura durante o pousio, evitando assim erosões (SOUZA, 2018). Através do SPD utilizando plantas de coberturas com genótipos de qualidade, torna-se fundamental o uso da prática para exportação e ciclagem de nutrientes ao solo (HENTZ et al., 2014).

A disponibilização de nutrientes no solo em SPD deve-se a ação microbiana que atua no processo de aceleração da decomposição da palhada. Porém isso depende de condições ambientais favoráveis para que haja a decomposição e a ação dos microrganismos (TORRES et al., 2014). Os fatores que mais influenciam na decomposição da palhada são: umidade, temperatura e pH do solo, a temperatura e pluviosidade em função do clima.

Cabe salientar que a ciclagem de nutrientes pode ocorrer de diferentes formas, podendo ser lenta, gradual ou intensa, pois cada planta possui uma velocidade diferente de liberação. As plantas de cobertura são necessárias para o processo de produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes, além de beneficiar culturas em rotação através da mineralização de resíduos vegetais (SANTOS et al., 2014).

A região de implantação do SPD é de extrema relevância na escolha das épocas de cultivo, manejo do solo pragas e doenças (FREIRE FILHO, 2008). A região de Ecótono possui grande diversidade de espécies, se tratando de dois biomas vizinhos Cerrado-Caatinga (GONÇALVES, 2015), tornando o cultivo de feijão-caupi sob SPD relevante para região de Ecótono.

Para estabelecer o SPD pode-se adotar a inclusão do plantio consorciado. Dentre o sistema consorciado, destaca-se o uso da poaceae *Urochloa brizantha* cv. *Marandu*, considerada uma planta de cobertura que ajuda na produtividade de fitomassa para cultivo de SPD, proporcionando capacidade de ciclagem de nutrientes. Nesses consórcios pode-se utilizar também as fabaceas *Cajanus cajan* e *Crotalaria juncea* que são espécies capazes de fazer fixação biológica de nitrogênio, e captar nutrientes em camadas profundas do solo por possuírem raízes com capacidade de descompactar e fornecer nutrientes para as culturas subjacentes (CASTRO; PREZOTTO, 2008; OLIVEIRA et al., 2011).

A sucessão de culturas favorece o manejo do solo e a sua fertilidade. Dentre as culturas que podem suceder o milho, destaca-se na região nordeste do Brasil o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], no Brasil a produtividade do feijão foi 1.192,0 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018 (CONAB, 2018). O grão é de grande relevância nutricional para a população, principalmente em regiões semiáridas.

2.0 CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Produção de grãos milho e feijão-caupi no Ecótono Cerrado e Caatinga

As áreas de cultivos no Brasil são bem extensas, aumentando a produção e produtividade de grãos, principalmente na região de transição Cerrado-Caatinga denominada Ecótono. Nesta região de transição predominam-se condições climáticas, relevos e vegetações diferentes de outros Estados brasileiros (BARROS, 2012).

Destaca-se que a expansão de áreas cultivadas com agricultura anual, aumenta o desenvolvimento agropecuário e econômico. O estado do Piauí apresentou uma produtividade de milho 4.409,0 kg ha⁻¹, na safra 2017/2018 (CONAB, 2018). O aumento da produtividade se deve ao melhoramento genético do milho ao passar dos anos, elevando a resistência ao estresse hídrico e resistência contra pragas e doenças (FREIRE FILHO, 2008), melhorando o ganho de produtividade para os pequenos e grandes produtores.

O feijão-caupi é uma leguminosa da família das fabaceas de origem africana, há diversas variedades e cores, bem como vários nomes populares, no Nordeste é conhecido como feijão-de-corda e feijão-macassar (FREIRE FILHO, 2011). As áreas mais cultivadas se concentram no estado do Piauí e Bahia, essa leguminosa possui grande capacidade de suportar estresses climáticos, ideal para região Cerrado-Caatinga (CONAB, 2018).

O feijão-caupi é o terceiro tipo de feijão mais cultivado no Brasil, sua importância socioeconômica na agricultura é de grande valia, por ser uma planta robusta de fácil adaptação a condições semiáridas do cerrado brasileiro, tem ciclo curto e é resistente ao estresse hídrico, alcançando boa produtividade nessas condições, na primeira safra de 2017/2018 obteve uma produção de 52,0 mil toneladas e produtividade de 221 kg ha⁻¹ de feijão-caupi no Piauí (CONAB, 2018). O incremento da produtividade depende de investimentos tecnológicos por parte dos agricultores familiares e dos grandes produtores agrícolas.

2.2 Sistema de plantio direto (SPD)

O SPD é uma prática utilizada para melhor atender as necessidades de proteção e conservação do solo, bem como no aumento da fertilidade, a prática funciona no não

revolvimento do solo, semeando culturas sob a palhada remanescente (CAMEIS FILHO et al., 2014) ocasionando na rotação e/ou sucessão de culturas.

No Nordeste o SPD é utilizado para melhor atender as necessidades no aumento da produção e da qualidade do solo, o acúmulo da palhada ao passar dos anos fornece ao solo nutrientes e maior cobertura. A permanência da palhada em solos no Nordeste seja de difícil manutenção nos primeiros anos de cultivo, devido a altas temperaturas, ocasionando numa decomposição acelerada (SILVA et al., 2011). Entretanto, adotando o uso de gramíneas e leguminosas no Cerrado favorece maior produção de massa e maior permanência no solo devido à alta relação C/N, evitando perdas devido as condições climáticas na região nordestina (MELO et al., 2013).

Para viabilizar o SPD no Cerrado é importante associar as condições edafoclimáticas para a introdução da espécie que promovam retorno (TEODORO et al., 2011) ao sistema de produção. A realização do manejo após a semeadura das plantas de cobertura também pode influenciar na qualidade e velocidade de decomposição da palhada, podendo causar decomposição rápida ou muito rápida quando são cortadas em pequenas porções ou fragmentadas (ALVARENGA et al., 2001), o ideal é seguir um método que a palhada permaneça mais tempo possível no solo, podendo liberar os nutrientes de forma gradual.

Sendo assim, o SPD é uma técnica que pode ser aprimorada quando se faz escolhas adequadas para cada tipo de solo e a utilização de espécies atualmente facilita no manejo por possuírem tecnologias envolvendo menores riscos contra doenças e pragas, usos de cultivares geneticamente modificadas e adaptáveis as condições climáticas diminuindo as chances de prejuízos na área (LOCATELLI et al., 2014).

2.3 Sistema Consorciado de Produção Agrícola

As regiões de agroecossistemas que possuem solos compactados com baixa drenagem, pouca cobertura do solo, baixa estabilidade de agregados são cada vez mais frequentes, devido à grande implantação de monoculturas. Sendo que, a inclusão de plantas de cobertura é uma alternativa viável e sustentável, disponibilizando nutrientes e promovendo maior atividade microbiana (CHAVARRÍA et al., 2016).

O uso de sistemas agropecuários surgiu a alguns anos objetivando a melhoria da rentabilidade e produtividade, o plantio direto é o sistema que tem destaque por apresentar

ótimos resultados agronômicos (GITTI et al., 2012), embora seja uma prática realizada em grande parte por grandes produtores, pois há poucas informações aos pequenos produtores que levam a praticar técnicas conservacionistas.

As espécies de plantas de cobertura na Região Nordeste e conseqüentemente no Cerrado elevam técnicas de aprimoramento na qualidade do solo e implanta reformas, que diminui o uso excessivo de máquinas sob o solo. As plantas de cobertura ajudam na recuperação do solo, tornando essa técnica imprescindível o aumento da produtividade de grãos. Diante disso, o cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura visa uma diminuição nos gastos com adubações e proporciona ao solo uma qualidade superior (GARCIA et al., 2012). Assim, para que haja um bom potencial de produção de fitomassa no solo, é necessário selecionar as plantas de cobertura que são adaptáveis a região e que ofereçam maior acúmulo e ciclagem de nutrientes e proporcionam uma dinâmica mais lenta na decomposição e liberação dos resíduos vegetais para culturas sucessoras (DONEDA et al., 2012).

Pouco se sabe sobre a relação da estrutura do solo em relação a comunidade microbiana e seu tempo de liberação de nutrientes, quando ocorre a sincronização da disponibilidade (GRANDY et al., 2013). Porém, em controversa, outros autores afirmam que o uso de poaceas e fabaceas, exercem um poder de melhora da qualidade e restauração da estrutura do solo, bem como o retorno econômico para o produtor, por meio do ganho da produtividade quando consorciado. GARCIA et al. (2012) salientam que o cultivo de forrageiras consorciadas ao milho não prejudica na produção de grãos de milho, quando comparado com milho cultivado sem consórcio, sendo que os tratamentos que tiveram os maiores resultados foram aqueles consorciados com forrageiras semeadas simultaneamente, resultando numa economia ao produtor, pois além das vantagens do consórcio não será preciso gastos com adubação posteriormente.

A inclusão das plantas de cobertura para o sistema consorciado apresentará bom desenvolvimento quando forem capazes de oferecer um bom retorno produtivo, apresentar boa capacidade de absorção, ter alta produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes (ALBUQUERQUE et al., 2013). A disponibilização dos nutrientes é decorrente do nível de decomposição das plantas de cobertura. A liberação dos nutrientes da palhada necessita de boas condições pluviométricas, pois o aumento da fração de metabolização se deve a grande comunidade microbiana que por sua vez aumenta a

funcionalidade a partir das condições favoráveis no solo, como a umidade e temperatura (MCGUIRE; TRESEDER, 2010; PATERSON et al., 2011). A inclusão das plantas de cobertura em sistema agrícola aumenta o potencial dos resíduos, devido a maior cobertura e ciclagem dos nutrientes (FRASIER; QUIROGA; NOELLEMAYER, 2016).

2.4 Rotação e Sucessão de Culturas

A adoção do método de rotação e sucessão de culturas se aplica a questões fitossanitárias e incremento no sistema de produção conservacionista, quando se trata de meios ecológicos em controle de pragas e doenças em áreas infestadas este é um dos melhores métodos (CONAB, 2018). O monocultivo é uma prática cultural que vem sendo utilizada de forma inadequada, ocasionando perdas de produtividades de grãos e desfavorecendo os recursos naturais, levando a degradação do solo pelo uso contínuo dessa prática. Uma das alternativas para atender aos problemas causados pelo monocultivo é a introdução do SPD, pois a diminuição do preparo e revolvimento do solo é controverso, implantando práticas de sistemas rotacionais de culturas (MACEDO, 2009).

A rotação pode beneficiar no fornecimento de ciclagem de nutrientes para culturas em sucessão (CASTRO; PREZOTTO, 2008; FRAZÃO et al., 2008). A sucessão de culturas é uma prática utilizada para promover controle de pragas e doenças e ganhos econômicos, por meio do cultivo sob resíduos de plantas de coberturas atreladas a consórcios, fornecendo ganhos produtivos e sustentáveis, proporcionando maior retorno devido a ciclagem de nutrientes da palhada (SILVA et al., 2008).

A regulação de liberação desses nutrientes avaliados pela taxa de cobertura do solo depende da temperatura e qualidade microbiológica do resíduo orgânico, visto que, uma região de maior pluviosidade associada a altas temperaturas terá uma mineralização de nutrientes mais rápida devido a decomposição desses resíduos que será mais intensa (HENTZ et al., 2014; CASTRO; PREZOTTO, 2008). Para maior aproveitamento dos nutrientes, a utilização da rotação de culturas é usada para que não haja danos físicos ao solo, o não revolvimento favorece maior aproveitamento da palhada e maior ciclagem, disponibilizada pela matéria orgânica do solo (AMARAL et al., 2016; FERNANDEZ et al., 2016). A sucessão de culturas precisa ser explorada e aprimorada, para a elevação de produtividade em regiões agrícolas pouco estudadas.

2.5 Plantas De Cobertura

2.5.1 Braquiária (*Urochloa brizantha* cv. marandu)

O tipo de espécie escolhida para utilizar em SPD influencia na qualidade e quantidade produzida (AMARAL et al., 2016). Para maiores produtividades, leva-se em consideração a época de plantio e o manejo adotado para o uso de plantas de cobertura para cada região (JAKELAITES et al., 2006), o uso da *Urochloa* em SPD se torna relevante pelo seu aporte.

A *Urochloa brizantha* é uma poaceae muito utilizada como planta de cobertura, possui grande relevância pela sua produção de fibras, massa seca e resistência a estresse climáticos, suporta climas mais quentes, ambiente que conseqüentemente influencia na decomposição mais lenta da palhada (DONAGEMMA et al., 2016). A *Urochloa* é utilizada no aprimoramento do cultivo consorciado, a introdução desta poaceae é uma ferramenta utilizada para melhorar as áreas agrícolas e influenciar no aumento da produtividade de grãos (SILVA et al., 2015).

Além de proporcionarem altas produções de massa seca (OLIVEIRA et al., 2011) a *Urochloa* tem capacidade de ciclagem de nutrientes quando consorciada a outras espécies, ocasionando na disponibilização mais lenta de nutrientes durante a decomposição e a alta relação C/N tem grande influência no processo gradual de decomposição, proporciona também maior capacidade de produzir elevadas taxas de cobertura (BASSAN et al., 2012; PACHECO, 2013).

Faz-se necessário o uso de gramíneas em sistema consorciado para a obtenção de maiores informações, visto que, a produtividade de grãos de milho é beneficiada quando consorciada a *Urochloa* em sistemas agrícolas adotado em regiões distintas (CARMEIS FILHO et al., 2014). Porém, falta informações sobre cultivos consorciados em região de transição Cerrado-Caatinga.

2.5.2 Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.)

A crotalária é uma espécie de leguminosa que é adaptada a regiões de climas quentes e secos, possuindo uma boa taxa de germinação em solos com baixa fertilidade natural, além de produzir quantidade satisfatória de massa seca (GIANESINI, 2013).

Avaliações sobre o cultivo consorciado de crotalária junto ao milho apresentam produtividade satisfatória de grãos (ALBUQUERQUE et al., 2013). Porém, quando se leva em consideração a decomposição da palhada as fabaceas atuam de forma diferente,

a crotalária possui relação C/N mais baixa que as poaceas fazendo com que sua decomposição seja mais rápida.

O fornecimento de nutrientes disponibilizados pela decomposição da palhada é influenciado por fatores climáticos, demonstrando maiores acúmulos de macronutrientes por período mais longo quando comparada a outras espécies de cobertura (PEREIRA et al., 2017) não apresentando competição por luz, umidade e nutrientes. O uso da crotalária para o SPD demonstra-se efetivo quando não há revolvimento da palhada em solos arenosos (IVO et al., 2010).

Conseqüentemente a ciclagem da *Crotalaria juncea* após o manejo irá depender das condições de cultivo, pois a capacidade de ciclagem nutricional pode ser mais longa dependendo do tipo de manejo adotado ou das condições edafoclimáticas para cada região (CARVALHO et al., 2015).

2.5.3 Feijão Guandu anão (*Cajanus cajan L. Millps*)

O feijão guandu-anão pertence à família das fabaceas, é uma planta de aporte arbustivo, ereto e sistema radicular robusto, podendo alcançar camadas subsuperficiais do solo, extraíndo água e nutrientes para camadas superficiais, conseqüentemente para as culturas subsequentes (FERRARI NETO et al., 2012; GALLO, 2016). O feijão guandu-anão é ideal como planta de cobertura, pois exerce outras funções importantes como a fixação biológica de nitrogênio atmosférico. Ao transformar o N através da fixação, o feijão guandu-anão poderá disponibilizar este elemento para culturas sucessoras através da decomposição da planta e ciclagem de nutrientes (GOMES, 2017; CORREA et al., 2017).

As fabaceas em geral apresentam mais acúmulos de nutrientes quando comparada as gramíneas (CRUSCIOL et al., 2013). Porém, ainda faltam o incremento de informações sobre a produção de fitomassa e tempo de liberação de macronutrientes quando o feijão guandu-anão é cultivado em sistema consorciado a outras espécies.

A viabilidade da utilização das plantas de cobertura no incremento produtivo agrícola ao introduzir novas espécies incluída no sistema de produção mesclada a consórcio irá promover na decomposição mais lenta da palhada, maiores acúmulos e ciclagem de nutrientes, ocasionando numa maior rentabilidade e produtividade de grãos na região de Ecótono de transição Cerrado-Caatinga.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a implantação dos sistemas conservacionistas consorciados e rotacionais para a produção de milho e feijão-caupi nas condições edafoclimáticas da região do Ecótono, Cerrado-Caatinga.

3.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; FLÔRES, J. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1602-1609, set. 2016.

BARROS, J. S. **Associação entre solos e vegetação nas áreas de transição Cerrado-Caatinga-floresta na bacia Parnaíba: Sub-bacia do rio Longá-PI**. 142 f. il. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade de Brasília – Brasília-DF, jul. 2012.

BASSAN, G.; DE, M.; FILHO, W.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. Y.; PETEAN, T. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**. vol. 59. núm. 3, p. 380-385, mai-jun. 2012.

CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, abr-jun. 2014.

CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, abr-jun, 2014.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.7, p.551-561, jul. 2015.

CASTRO, A. M. C.; PREZOTTO, A. L. Desempenho agrônômico do milho em sistema de adubação verde. **Agrarian**, v.1, n.2, p. 35-44, out-dez. 2008.

CONAB – **Companhia Brasileira de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. v. 6 Safra 2017/18 - Sexto levantamento, Brasília, p. 1-140, mar. 2018.

CORREA, C. C. G.; TEODORO, P. E.; SILVA, F. A.; RIBEIRO, L. P.; ZANUNCIO, A. S.; CECCON, G.; TORRES, F. E. Macronutrients release by green manure species grown in cerrado/pantanal ecotone. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 4, p. 914-922, July/Aug. 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; FERRARI NETO, J.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Cycling of nutrients and silicon in pigeonpea and pearl millet monoculture and intercropping. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, vol. 37. p.1628-1640, jul. 2013.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A. SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; FILHO, J. C. DE A.; SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE, M. R.; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLO, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1003-1020, set. 2016.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CARVALHO, M. E. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, vol. 36, núm. 6, p. 1714-1723, out. 2012.

FERNANDEZ, A. L.; SHEAFFER, C. C.; WYSE, D. L.; STALEY, C. S.; GOULD, T. J.; SADOWSKY, M. J. Associations between soil bacterial community structure and nutriente cycling functions in long-term organic farm soils following cover crop and organic fertilizer amendment. **Science of the Total Environment**. p. 949–959, May. 2016.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Consórcio de guandu-anão com milheto: persistência e liberação de macronutrientes e sílcio da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 264-272, mar. 2012.

FRASIER, I.; QUIROGA, A.; NOELLEMEYER, E. Effect of different cover crops on C and N cycling in sorghum NT systems. **Science of the Total Environment**. p. 628-639, april. 2016.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa agropecuária brasileira**., Brasília, v.43, n.5, p.641-648, mai. 2008.

FREIRE FILHO, F. R. Embrapa Meio-Norte. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina-Piauí. 84 p. 21. ed. 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; SITTOLIN, I. M. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Avanço e perspectiva do feijão-caupi**. Embrapa informação tecnológica, Brasília, DF. vol. 2. p.1340, 2008.

GALLO, A. S. **Milho consorciado com guandu-anão em diferentes arranjos de plantas em sistema orgânico**. Dissertação (pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural). Universidade Federal de São Carlos-Centro ciências agrarias-UFSCar, Araras, 60 f, fev. 2016.

GARCIA, M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.2, p. 157-163, mar-abr, 2012.

GIANESINI, G. R. dos R. **Plantas de cobertura para sustentabilidade em sistemas de produção de milho (zea mays l.)**. 2013. 30 f., il. Monografia (Bacharelado em Gestão do Agronegócio) - Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2013.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 156-168, 2012.

GOMES, V. C. **Produção e qualidade da silagem de milho com braquiárias e guandu em sistema integrado de produção agropecuária**. Dissertação (Programa de Pós-graduação do Instituto de Zootecnia), Nova Odessa – SP, 63 p. fev. 2017.

GONÇALVES, G. S. R. **Padrões de distribuição da evifauna em área de Ecótono Cerrado-Caatinga no Nordeste do Brasil**. Dissertação, (Programa pós-graduação de zoologia). Universidade Federal do Pará. Belém-PA, 2015.

GRANDY, A. S.; SALAM, D. S.; WICKINGS, K.; MCDANIEL, M. D.; CULMAN, S. W.; SNAPP, S. S. Soil respiration and litter decomposition responses to nitrogen fertilization rate in no-till corn systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 179, pag. 35–40, august. 2013.

HENTZ, P.; LEAL, N.; LUZ, L. Y.; LOPES, A. Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 36 Ed. Especial II, p. 663-676, mar. 2014.

IVO, W. M. P. M.; ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D.; BARBOSA, G. V. S.; VASCONCELOS, J. N. Agricultura Tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. **Impulsionando a produção e a produtividade da cana-de-açúcar**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. vol 1. p. 673-712. 2008.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; PEREIRA, J. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R., VIVIAN, R. Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 28, n. 3, p. 373-378, july-sept. 2006.

LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; J. SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.6, p.574–580, jan. 2014.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, jul. 2009.

MCGUIRE, K. L.; TRESEDER, K. K. Microbial communities and their relevance for ecosystem models: decomposition as a case study. **Soil Biology and Biochemistry**. p. 42, 529-535, april. 2010.

MELO, R. S. S.; SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; SOUZA, M. A.; SILVA NETO, L. F. Sistemas de culturas com milho sob semeadura direta na região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p.1535-1541, set, 2013.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, Brasília, v.46, n.10, p.1184-1192, out. 2011.

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

PATERSON, E.; SIM, A.; OSBORNE, S. M.; MURRAY, P. J. Long-term exclusion of plant inputs to soil reduces the functional capacity of microbial communities to mineralise recalcitrant root-derived carbon sources. **Soil Biology and Biochemistry** 43, 1873e1880, may. 2011.

PEREIRA, A. P.; SCHOFFEL, KOEFENDER, A. J.; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.; HORN, R. C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, vol.40 n.4. Lisboa, set. 2017.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1855-1861, jul. 2014.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science: Taubaté**, v. 3, n. 3, p. 28-42, 2008.

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; GUSTAVO SOARES SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1394-1400, ago, 2015.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.335-347, nov. 2008.

SILVA, T. O.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; PALUDO, V. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1315-1326, out-dez. 2011.

SOUZA, E. J. **Nanotecnologia aplicada a avaliação física de um Latossolo de Cerrado sob sistema de sucessão de culturas em plantio direto**. Tese (Doutorado Sistema de Produção), Universidade Estadual Paulista-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – São Paulo, 143p. S729n, jan. 2018.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agrônômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:635-643, jan. 2011.

TORRES, J. L. R.; SILVA, M. G. S. G.; CUNHA, M. A.; VALLE, D. X. P.; PEREIRA, M. G. Produção de fitomassa e decomposição de resíduos culturais de plantas de coberturas no cultivo da soja em sucessão. **Revista Caatinga**. 27 (3): 247-253, set. 2014.

CAPÍTULO 2

PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI EM SUCESSÃO DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO

O cultivo em solos arenosos é limitado devido a sua baixa fertilidade natural. Assim o incremento da matéria orgânica no solo, através do uso de plantas de cobertura, torna esta técnica uma das principais responsáveis por estabelecer solos mais produtivos. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade, acúmulo de nutrientes dos grãos de milho e produtividade do feijão-caupi em sucessão da cultura do milho consorciado com plantas de cobertura em sistema de plantio direto (SPD). Na safra 2016/2017 o experimento foi instalado com delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram consórcios: Milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) (MU); Milho + Crotalária (*Crotalaria juncea*) (MC); Milho + Feijão guandu-anão (*Cajanus cajan*) (MF); Milho + *U. brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *U. brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho exclusivo ME (*Zea mays*). Foram avaliados: taxa de cobertura do solo e massa seca, nos períodos 30, 60, 90 120 e 150 dias logo após a dessecação e roçagem da área, como também, produtividade de grãos do milho. No início da safra 2017/2018 plantou-se o feijão-caupi em SPD sob as parcelas do experimento e foram avaliados a massa seca, teor de nutrientes foliares e produtividade do feijão-caupi. Foram realizados procedimentos para as determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, para massa seca do milho consorciado com plantas de cobertura, grãos de milho, teor foliar do feijão-caupi. Na safra 2016/2017 o acúmulo de nutrientes apresentou interação significativa para (K, Mg) observando maiores acúmulos de K nos consórcios MU, MUF e para Mg no tratamento ME. Os teores de macronutrientes demonstraram significância em função do tempo, mas não houve interação entre os tratamentos. O tratamento MU apresentou maior taxa de cobertura do solo com 80% aos 150 DAM. A produtividade dos grãos de milho foi influenciada pela presença das plantas de cobertura, denotando baixos valores devido as estiagens e a competição pelas plantas de cobertura. As maiores produtividades de grãos de feijão-caupi foram verificadas em sucessão ao milho consorciado com plantas de cobertura.

Palavras chaves: ciclagem de nutrientes, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*.

PRODUCTIVITY OF COWPEA IN THE SUCCESSION OF CORN CONSORTIATED WITH PLANTS OF COVERAGE

ABSTRACT

Cultivation on sandy soils is limited due to its low natural fertility. Thus, the increase of organic matter in the soil, through the use of cover crops, makes this technique one of the main responsible for establishing more productive soils. In this sense, the objective of this work was to evaluate the productivity, nutrient accumulation of corn grains and cowpea productivity in succession of maize intercropping intercropped with no-tillage system (SPD). In the 2016/2017 harvest the experiment was set up in a randomized complete block design with four replicates. The treatments were consortia: Corn + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) (MU); Corn + *Crotalaria* (*Crotalaria juncea*) (MC); Maize + Dwarf pigeon bean (*Cajanus cajan*) (MF); Corn + *U. brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Corn + *U. brizantha* + Dwarf pigeon bean (MUF). As reference for the consortia was the exclusive corn ME (*Zea mays*). Soil cover rate and dry mass were evaluated in the periods 30, 60, 90 120 and 150 days after desiccation and area rubbing, corn grain yield. At the beginning of the 2017/2018 harvest, cowpea in SPD under the experimental plots were evaluated for dry mass, foliar nutrient content and cowpea productivity. N, P, K, Ca, Mg and S were determined for maize dry mass intercropped with cover crops, corn kernels, and cowpea leaf content. In the 2016/2017 harvest, nutrient accumulation presented significant interaction for (K, Mg), with higher accumulations of K in the MU, MUF and Mg consortia in the ME treatment. The macronutrient contents were significant as a function of time, but there was no interaction between the treatments. MU treatment had a higher rate of soil cover with 80% at 150 DAM. The yield of corn grains was influenced by the presence of cover crops, denoting low values due to drought and competition for cover crops. The highest yields of cowpea beans were verified in succession to maize intercropped with cover crops.

Key words: Nutrient cycling, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*, L.) é uma das culturas com maiores produções no Brasil. Na primeira safra de 2017/2018 obteve-se uma produtividade de 4.956 kg ha⁻¹. O Piauí na segunda safra de 2017/2018 apresentou uma produtividade de 2.356 kg ha⁻¹ e produção de 991,3 mil toneladas (CONAB, 2018). O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é popularmente chamado de feijão-de-corda ou feijão-macassar na região Nordeste. No Piauí a primeira safra 2017/2018 a produtividade foi de 221 kg ha⁻¹ produzindo cerca de 1,27 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Dentre os solos arenosos, destaca-se os Neossolos, que são conhecidos como solos leves, classificados como textura arenosa ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 1,50 metros, esses solos por terem uma estrutura frágil suas partículas são pequenas e de alta friabilidade, que por outro facilita o trabalho dos maquinários agrícolas (DONAGEMMA et al., 2016). Porém, o cultivo em solos arenosos ainda é limitante, devido aos baixos teores de argila e baixa fertilidade natural. Assim, o incremento da matéria orgânica do solo e da palhada de cobertura através da introdução do SPD são os principais responsáveis por tornar solos arenosos mais produtivos.

O estabelecimento do SPD, através do uso de plantas de cobertura no solo é uma prática cada vez mais utilizada pelos agricultores como uma forma de evitar perdas de solo por erosão, obter uma maior ciclagem e aproveitamento de nutrientes com maior acúmulo de resíduos orgânicos (BORGES et al., 2015). O solo deve ser preservado para continuar produtivo por períodos mais longos, nesse sentido é necessário desenvolver sistemas de cultivo que melhorem a estrutura dos solos e possibilitem a redução do uso de fertilizantes. Sendo assim, a utilização das plantas de cobertura pode proporcionar melhorias na qualidade química e de mobilizar nutrientes das camadas mais profundas do solo, devido ao potencial do sistema radicular das fabaceas e poaceas, que alcançam grandes profundidades disponibilizando esses elementos para culturas subsequentes (PACHECO et al., 2013).

Um bom desempenho produtivo de milho consorciado com plantas de cobertura vai depender da capacidade de disponibilização de nutrientes através do sistema consorciado e do ambiente edafoclimático. No Piauí existem informações sobre a produção de culturas em sistemas consorciados em área de Cerrado. Porém, na Região Ecótono Cerrado-Caatinga da Região Sul do Piauí, em solos arenosos, faltam informações sobre o uso de plantas de cobertura na produção de culturas e a sua influência

na palhada e ciclagem de nutrientes nas culturas posteriores (GONÇALVES; SOUZA et al, 2015). Por ser uma região que se refere a existência de dois biomas com limites geográficos vizinhos, a riqueza das espécies presentes na região Ecótono é de grande influência no crescimento, adaptação e cultivo de culturas a serem implantadas. O sistema consorciado em área de transição Cerrado-Caatinga poderá influenciar na sucessão de culturas sobre a palhada remanescente.

Assim, o uso do feijão-caupi como cultura em sucessão em SPD precisa ser melhor avaliado quando cultivado em solo arenoso, por ser uma cultura de grande relevância agrônômica. O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* (L.) e feijão-caupi são consideradas as únicas espécies economicamente sociais pelo Ministério de Agricultura e pecuária e Abastecimento (MAPA) de acordo com FREIRE FILHO (2011).

Assim, necessita-se verificar sistemas conservacionistas que aumentem a produtividade e menor dependência de fertilizantes. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade do feijão-caupi em sucessão da cultura do milho consorciado com plantas de cobertura em SPD.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Piauí – UFPI, localizado no município de Alvorada do Gurguéia, Latitude 8° 22' 34" S e Longitude: 43° 51' 23" W e altitude de 222 m. O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico órtico típico (CAMPOS et al., 2014), cujas características químicas e granulométrica são apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo arenoso

Prof. m	pH H ₂ O	Ca	Mg	Al	H + Al	K	SB	T	P	V	M	MO	Areia	Silte	Argila
		-----cmol _e dm ³ -----							mg dm ³	-----%-----		-----g kg-----			
0,0-0,20	5,3	1,20	0,05	0,10	1,82	0,08	1,33	3,15	5,60	42,22	6,99	5,7	888	2	100
0,20-0,40	5,2	0,80	0,05	0,10	1,67	0,05	0,90	2,57	4,60	35,02	10,0	4,12	888	2	100

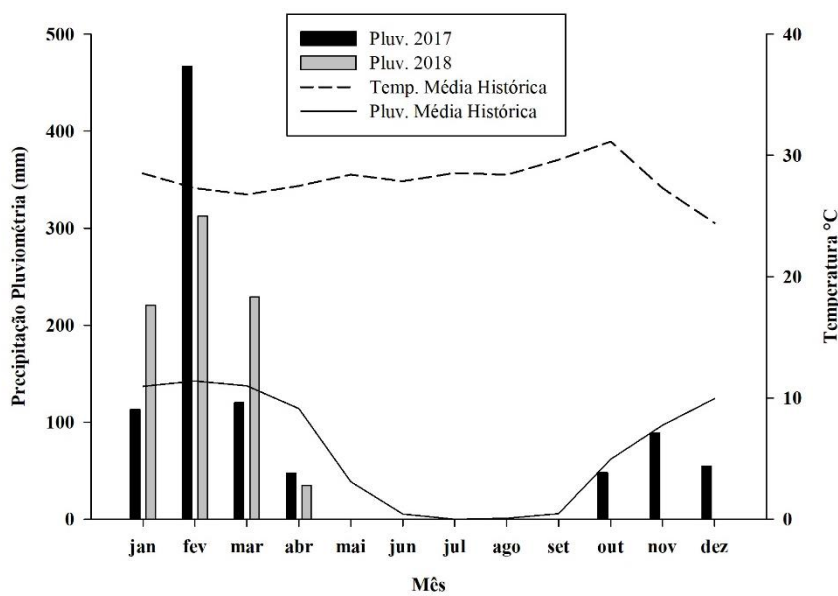
pH = potencial de hidrogênio; P mehlich= fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio + alumínio; SB = soma de bases; T = capacidade de trocas catiônicas a pH 7,0; m = saturação por alumínio; V = saturação por base ; MO = matéria orgânica.

O clima da região de acordo com Köppen é classificado como Bsh (MEDEIROS et al., 2013). O Experimento foi realizado em cultivo de sequeiro durante a safra de 2016/2017 e 2017/2018, os dados climáticos de precipitação pluviométrica e temperatura durante a condução do experimento estão descritos na Figura 1. O histórico da área é de cultivo de 2 anos, sem produção agrícola na safra anterior 2015/2016 devido ao longo período de estiagem.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e 6 tratamentos, parcelas com dimensões de 10 m x 10 m (100 m²). Os tratamentos foram consórcios: Milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Milho + Crotalária (*Crotalaria juncea*) (MC); Milho + feijão guandu-anão (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MF); Milho + *U. brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *U. brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho exclusivo (ME) híbrido 2B210PW (*Zea mays*).

Na safra 2016/2017 da área de instalação do experimento foi realizado o manejo, procedendo-se aração com grande aradora (16 discos de 32 polegadas). Posteriormente foi dado início ao plantio de milho e plantas de cobertura realizadas simultaneamente no dia 11 de fevereiro 2017. A densidade de semeadura utilizada foi de 12 kg ha⁻¹ de *C. juncea* e 10 kg ha⁻¹ de *U. brizantha*, 50 kg ha⁻¹ de *C. cajan*. Na cultura do milho a densidade utilizada foi de 66 mil plantas por ha⁻¹. As plantas de cobertura foram lançadas

a superfície do solo manualmente e incorporados devido ao revolvimento do solo promovido pela semeadora adubadora, utilizada para o plantio do milho com espaçamento de 0,90 m entre linhas totalizando 8 linhas por parcela. A cultura do milho foi adubada no plantio com 330 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e em cobertura com 150 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura ocorreu no estágio V6 do milho. Os tratamentos culturais (controle de pragas, doenças e ervas daninhas) utilizados na área experimental



foram realizadas igualmente em todos os tratamentos avaliados.

Figura 1. Dados médios da Precipitação da safra 2016/2017 e 2017/2018 e média histórica da temperatura e precipitação.

Fonte: Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, dados próprios (pluviômetro instalado na fazenda) no ano de 2017. Precipitação pluviométrica temperatura média histórica durante 30 anos, em Alvorada do Gurguéia-PI (dados da estação meteorológica do INMET – Vale do Gurguéia).

As avaliações realizadas na safra 2016/2017 foram: obtenção da massa verde (MV) e massa seca (MS) das plantas de cobertura consorciados com o milho e milho exclusivo que foram avaliadas seguindo a metodologia proposta por CRUSCIOL et al. (2005), que consiste no uso de um quadrado metálico com dimensões 0,50 × 0,50 m (0,25 m²) no florescimento do milho. O quadrado foi arremessado aleatoriamente quatro vezes na área útil (10 m²) da parcela para cada repetição, a parte aérea das mesmas foram cortadas rente ao solo. As amostras foram levadas ao laboratório para pesagem e a obtenção da massa verde (MV), logo após as amostras foram levadas a estufa a 65°C, até atingir massa constante para obtenção da MS. A obtenção do acúmulo de nutrientes procedeu-se através da determinação do tecido foliar, coletado na época do florescimento do milho consorciado a plantas de cobertura.

A avaliação da produtividade de milho na primeira safra, realizada no dia 10 de junho 2017, foi estimada coletando-se manualmente espigas contidas em 2 m², totalizando 2 linhas dentro de cada parcela. Posteriormente os mesmos foram trilhados manualmente. A massa de grãos de milho foi determinada em balança semi-analítica de precisão (0,01g) para a estimativa da produtividade. Os valores dos pesos de grãos foram extrapolados para kg ha⁻¹.

As avaliações da decomposição e taxa de cobertura ocorreram a partir da colheita do milho. Antes das avaliações, as plantas foram cortadas com uma roçadeira hidráulica acoplada em trator, devido a colheita do milho ser manual, a altura de corte foi simulando uma colheitadeira, ou seja, 0,20 m do solo. A taxa de cobertura do solo (TCS) obtida segundo metodologia proposta por CRUSCIOL et al., (2005), que consiste no uso de um quadrado de ferro com dimensões de 0,50 x 0,50 m (0,25m²), com uma rede de barbantes espaçados a cada cinco cm que formam dez pontos, totalizando 100 pontos, nos quais, se observou a presença ou ausência de cobertura proporcionada pelos resíduos vegetais em cada parcela através de quatro pontos aleatórios de amostragens de massa seca para cada repetição (SODRÉ FILHO et al., 2004). Para a medição da cobertura do solo, foram realizadas avaliações a cada 30 dias, nos períodos de 30, 60, 90, 120 e 150 dias logo após o corte das plantas, caracterizando os dias após o manejo (DAM).

Na safra 2017/2018 foi implantada a cultura do feijão-caupi BR-17 Gurguéia na área do experimento. O intuito foi promover sucessão de culturas na área, e verificar a influência da ciclagem de nutrientes promovida pelas plantas de cobertura na nutrição e produtividade do feijão-caupi. A semeadura do feijão-caupi foi realizada no dia 24 de janeiro de 2018, no espaçamento de 0,55 m entre linhas e com média de 18 plantas por metro linear. A adubação procedeu-se conforme as recomendações para a cultura (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002), utilizou-se 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e em cobertura com 70 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Os tratos culturais foram realizados igualmente para todos os tratamentos quando se apresentou necessário, (doenças, pragas e plantas daninhas).

Para avaliação do estado nutricional do feijão-caupi foram coletadas folhas no estágio inicial de florescimento, coletando-se 30 amostras foliares em cada repetição formando uma amostra composta por parcela. A MV realizada no período do florescimento procedeu-se através do peso fresco das folhas, através do uso da balança semi-analítica (0,01g). Após a coleta as amostras foram levadas ao laboratório, todas as amostras passaram por uma limpeza com água destilada para retirar partículas de poeira

sobre o material vegetal. Para a obtenção de MS as amostras foliares foram levadas a estufa a 65°C, até atingir massa constante. Posteriormente procedeu-se a colheita, realizada 94 dias após o plantio, coletando-se 5 plantas em 2 m² no centro de cada repetição, sendo retirada a planta inteira, posteriormente foi realizada a produtividade dos grãos de feijão-caupi em kg ha⁻¹ (PROD) determinada por parcela em balança semi-analítica de precisão (0,01g).

Os grãos do milho e do feijão-caupi foram secados em estufa a 65°C até atingirem peso constante e a umidade contida nos mesmos corrigida a 13%. Durante o experimento foram coletadas plantas de milho, plantas de cobertura, grãos de milho e folhas de feijão-caupi e obtidos a massa seca. As amostras foram trituradas em moinho tipo Willey e em seguida determinados os teores de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, conforme a metodologia descrita por SILVA (2011). Os resultados de produtividade dos grãos de milho foram utilizados para calcular a quantidade de macronutrientes exportados.

Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F entre os tratamentos utilizando o software R (R FOUNDATION, 2016) Pacote ExpDez. Havendo significância, os valores médios, para os tratamentos, foram comparados entre si pelo teste F e teste de Tukey ($P < 0,10$). Para cada tratamento foram ajustadas equações de regressão no tempo, relacionando a quantidade média dos nutrientes ciclados em função da quantidade de matéria seca produzida pelas plantas. A produtividade e nutrientes dos grãos de milho foram analisados pela mediana devido à baixa precipitação pluviométrica nos meses de abril e maio de 2017 (Figura 1) que ocasionou a perda de repetições no estágio final da cultura do milho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra de 2016/2017, a avaliação da produtividade de massa seca do milho e plantas de cobertura durante o florescimento, não apresentou diferença estatística para o MS durante a época avaliada (Tabela 2). O incremento de nutrientes acumulados no tecido vegetal na época de florescimento, proporcionou maiores acúmulos no K, Mg, apresentando comportamento diferenciado entre os tratamentos estudados. O acúmulo de nutrientes é influenciado pelos diferentes cultivos consorciados, corroborando respostas para os macronutrientes avaliados (MENDONÇA et al., 2014). Dentre aos demais, os maiores acúmulos do K foram encontrados onde a *Urochloa* e feijão guandu-anão se fez presente (MUF 161,57 kg ha⁻¹, MU 159,11 kg ha⁻¹).

Tabela 2. Massa seca e acúmulo dos macronutrientes do consórcio de milho com plantas de cobertura

Consórcios	MS	N		P		K		Ca		Mg		S	
-----kg ha ⁻¹ -----													
ME	9419 ± 868,73	102,71 ± 22,21	60,87 ± 13,89	71,35 ^b ± 8,51	3,17 ± 1,24	5,41 ^a ± 0,48	3,16 ± 0,41						
MU	9332 ± 1610,80	154,48 ± 32,61	35,24 ± 7,69	159,11 ^a ± 26,43	2,60 ± 1,22	5,06 ^{ab} ± 0,96	3,29 ± 0,61						
MC	8167 ± 953,29	137,79 ± 8,89	35,05 ± 8,59	83,29 ^b ± 10,04	3,07 ± 0,70	2,78 ^{bc} ± 0,36	2,59 ± 0,22						
MF	6635 ± 586,22	123,47 ± 27,13	28,27 ± 5,21	53,06 ^b ± 6,75	2,53 ± 0,99	2,55 ^c ± 0,57	2,30 ± 0,44						
MUC	8042 ± 852,51	138,53 ± 12,42	32,75 ± 4,66	103,55 ^{ab} ± 16,19	2,55 ± 1,16	3,97 ^{abc} ± 0,24	2,64 ± 0,10						
MUF	10402 ± 623,54	165,65 ± 5,80	38,61 ± 2,46	161,67 ^a ± 22,82	1,52 ± 0,67	3,77 ^{abc} ± 0,46	3,54 ± 0,24						
MÉDIA	93,38	137,10	38,47	105,34	2,57	3,93	2,92						
C.V. (%)	12,66	12,82	17,24	15,01	12,02	10,16	7,85						
Valor de F ¹	1,49 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,89 ^{ns}	7,06*	1,64 ^{ns}	3,90*	1,76 ^{ns}						

Descrição: Massa Seca (MS) Milho exclusivo (ME); Milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Milho + Crotalária (*Crotalaria juncea*) (MC); Milho + Feijão Guandu-Anão (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MF); Milho + *U. brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *U. brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF); ¹Coefficiente de variação; ²Valores de teste F na análise de variância; ns - não significativo; * - Significativo (P<0,10); Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,10).

As poaceas e fabaceas possuem um grande sistema radicular que proporcionam maior captação de K quando estão em consórcio, por possuírem sistema radicular fasciculadas e pivotante, facilitando o armazenamento de K com maior facilidade quando estão em consórcio (TEODORO et al., 2011; MENDONÇA et al., 2014). Não demonstrando competições entre si quando se trata especificamente deste nutriente, o cultivo de plantas de cobertura em solos com baixa fertilidade natural é uma

boa alternativa, principalmente quando a espécie possui alta capacidade de acumular K, como as espécies estudadas.

O maior acúmulo de Mg observado foi no tratamento ME. Altos acúmulos de Mg no ME podem estar relacionados as funções enzimáticas do Mg no tecido vegetal, as plantas necessitam desse nutriente para que ocorra a ação fotossintética e na ativação de enzimas para fornecerem energia e respiração para a planta (JESUS, 2016). O Mg e K também atuam na ação do transporte dos nutrientes através das membranas (GUO et al., 2016). A consequência dos altos valores de Mg no milho exclusivo está relacionada a competição por luz, quando o milho é consorciado com plantas de cobertura (CHIEZA et al., 2017; MENDONÇA et al., 2014).

A produtividade dos grãos milho foi influenciada pelo uso de plantas de cobertura com maior produtividade no tratamento ME (1.133,13 kg ha⁻¹) e menor produtividade nos consórcios MUF, MUC e no MC (Tabela 3). Maiores produtividades de grãos de milho exclusivo são verificadas em diferentes classes de solos e ambientes climáticos (CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2015). Porém mesmo apresentando maior significância ao ME, a produtividade de grãos de milho foi menor que a média 5.522 kg ha⁻¹ verificada no estado do Piauí, para o ano de 2017 (CONAB, 2017). Fato atribuído as condições climáticas adversas registradas no mês de maio durante a safra 2016/2017, contribuindo negativamente no enchimento dos grãos quando consorciados com plantas de cobertura, principalmente quando produzido em solo arenoso e recentemente cultivado (Figura 1).

Tabela 3 – Produtividade e exportação de nutrientes nos grãos de milho consorciados com plantas de cobertura

Consórcios	Produt. Grãos	N		P		K		Ca		Mg		S	
-----kg ha ⁻¹ -----													
ME	1.133,13 ^a ± 105,78	15,83 ^a ± 1,68	10,83 ^a ± 5,20	3,03 ^a ± 0,18	0,75 ^a ± 0,30	1,68 ^a ± 0,09	0,31 ^a ± 0,15						
MU	467,13 ^b ± 144,45	5,54 ^a ± 1,64	4,99 ^b ± 2,94	1,43 ^b ± 0,52	0,11 ^{bc} ± 0,05	0,94 ^a ± 0,26	0,13 ^b ± 0,02						
MC	47,13 ^c ± 40,81	0,57 ^c ± 0,5	0,34 ^c ± 0,00	0,11 ^c ± 0,11	0,01 ^b ± 0,01	0,08 ^b ± 0,05	0,01 ^c ± 0,01						
MF	704,00 ^{ab} ± 55,03	8,54 ^b ± 1,38	7,02 ^b ± 3,06	1,79 ^b ± 0,33	0,36 ^{ab} ± 0,07	1,04 ^a ± 0,17	0,21 ^{ab} ± 0,04						
MUC	29,13 ^c ± 14,72	0,44 ^c ± 0,22	0,30 ^c ± 0,11	0,08 ^c ± 0,05	0,01 ^c ± 0,01	0,05 ^b ± 0,02	0,01 ^c ± 0,00						
MUF	12,00 ^c ± 10,39	0,16 ^c ± 0,14	0,11 ^c ± 0,00	0,03 ^c ± 0,03	0,01 ^c ± 0,01	0,02 ^b ± 0,02	0,00 ^c ± 0,01						
MÉDIA	398,75	5,18	3,93	1,08	0,21	0,63	0,11						
C.V. (%) ²	21,71	12,42	10,06	7,87	11,35	8,9	4,82						
Valor de F ³	38,29*	58,02*	83,56*	74,23*	14,11*	41,08*	41,02*						

Descrição: Valores da mediana para: Produtividade dos grãos; Milho exclusivo (ME); Milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Milho + Crotalária (*Crotalaria juncea*) (MC); Milho + Feijão Guandu-Anão (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MF); Milho + *U. brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *U. brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF); ²Coeficiente de variação; ³Valores de teste F na análise de

variância; ns - não significativo; * - Significativo ($P < 0,10$); Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ($P < 0,10$).

Observou-se significância para todos os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos do milho, as medianas apresentaram diferença estatística entre os tratamentos em diferentes sistemas de produção, denotando maiores teores nos grãos de milho exclusivo (Tabela 3). VON PINHO et al. (2009) relatam que maiores valores de macronutrientes são encontrados em cultivo de sequeiro, que apresentam uma boa produção de grãos em kg ha^{-1} . CRUZ et al., (2009) salientam que o cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura induziu a menor produtividade dos grãos de milho. Sendo assim, os valores nutricionais dos grãos de milho também foram influenciados pela competição por nutrientes, água e luz quando cultivadas com plantas de cobertura durante o enchimento dos grãos.

As condições edafoclimáticas afetam bastante na produção agrícola, não somente por falta da pluviosidade e umidade no solo, mas como as pragas e doenças, podendo trazer prejuízos totais as lavouras (SALVACION, 2015). Além da precipitação pluvial irregular, a baixa produtividade dos grãos de milho em consórcio está associada pela alta competitividade do milho com as plantas de cobertura, por umidade, luz e nutrientes, ocasionando altas taxas de crescimento no milho exclusivo, por ser uma gramínea de metabolismo C4, demonstrando maior eficiência fotossintética que as outras plantas estudadas (GITTI et al., 2012).

Os consórcios MU, MUF e MUC apresentaram maior incremento na taxa de cobertura do solo aos 120 DAM (Figura 2), evidencia altas taxas acima de 85% de cobertura no solo, altos valores presenciados nos consórcios são decorrentes a presença da *Urochloa*, que disponibiliza maiores coberturas pelo potencial de produzir fitomassa. Sendo assim, a redução da palhada no final das avaliações foram relativamente pequenas para os consórcios duplos e triplos, permanecendo maior cobertura no tratamento MU aos 150 DAM, demonstrando que as plantas de cobertura possuem papel fundamental na proteção do solo durante o período de pousio, principalmente a poaceae *Urochloa brizantha*. COLONEGO et al. (2012) ao estudarem plantas de cobertura, avaliaram que a decomposição aumenta a partir dos 135 DAM. As plantas de cobertura apresentam grande capacidade produzir fitomassa e maior permanência no solo, que disponibiliza uma decomposição mais lenta (CARVALHO et al., 2010), Essas ações também dependem de fatores edafoclimáticos, quando não há fornecimento de água através da pluviosidade para manutenção da umidade do solo, a decomposição da palhada será influenciada sendo

mais lenta por não haver presença de agentes que atuam na decomposição da palhada (GITTI et al., 2012; COLONEGO et al., 2012).

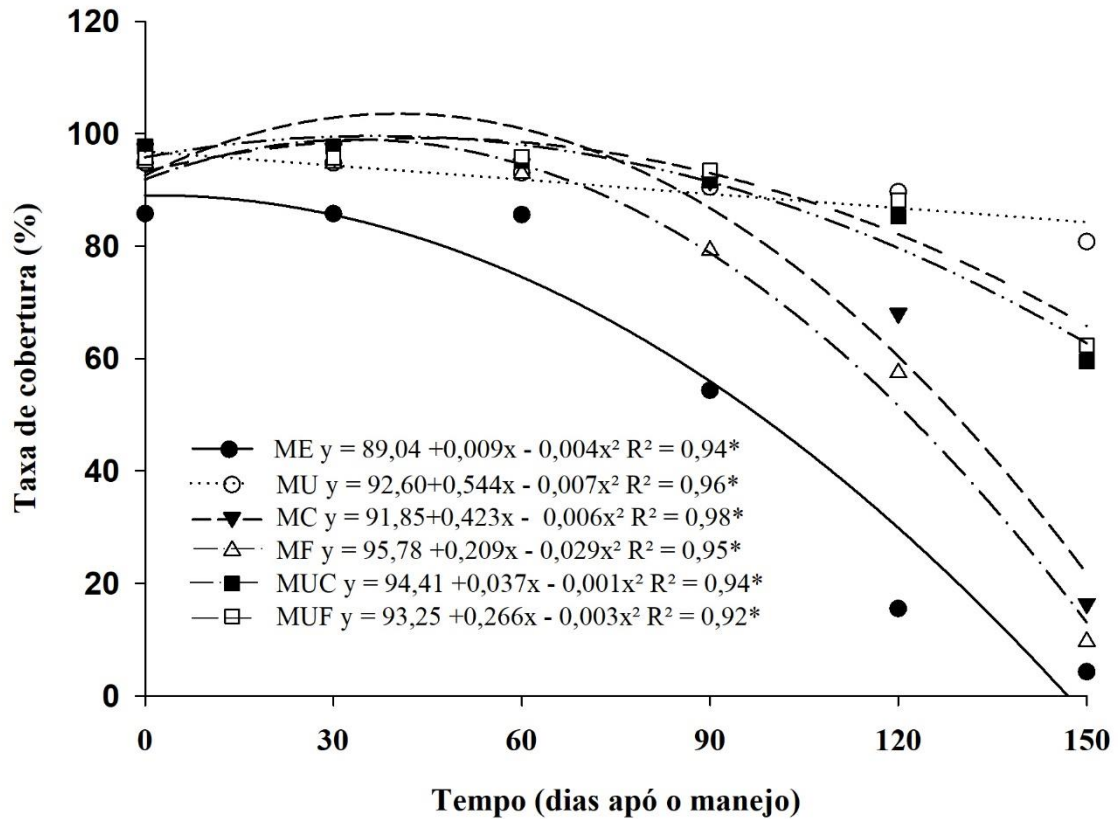


Figura 2. Taxa de cobertura do solo após o manejo do milho consorciado com plantas de cobertura

Descrição: Milho exclusivo (ME); Milho + *Urochloa brizantha* (MU); Milho + *Crotalaria juncea* (MC); Milho + Feijão Guandu-Anão (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MF); Milho + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *Urochloa brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF); ns - não significativo; * - Significativo ($P < 0,10$);

A MS avaliada dias após o manejo foi menor no ME (Tabela 4). Para as médias gerais de N, K, Ca e S observou-se influência significativa entre os consórcios, entretanto os consórcios não apresentaram interação significativa com o tempo. Porém, verificou-se pelo erro padrão da média, que as maiores concentrações diferenciam estatisticamente o ME dos consórcios duplos e triplos. Assim, representa que os consórcios possuem capacidade de estabelecer uma ciclagem mais lenta desses nutrientes (CARVALHO et al., 2015).

Tabela 4 – Valores das médias gerais para avaliação da massa seca, taxa de cobertura do solo e teor dos nutrientes dos resíduos vegetais dias após o manejo do milho consorciado com plantas de cobertura

Tratamentos	MS		TCS ³		N		P		K		Ca		Mg		S	
	-----Kg ha ⁻¹ -----		--%--						-----Kg ha ⁻¹ -----							
ME	4379,70 ^b	± 1443,29	55,19 ^c	48,65 ^b	± 20,55	27,99	± 10,41	39,45 ^c	± 14,15	0,90 ^f	± 0,31	2,00	± 0,75	1,49 ^b	± 0,46	
MU	6466,17 ^a	± 1354,58	90,55 ^a	69,23 ^a	± 20,61	27,16	± 7,99	72,55 ^a	± 20,87	1,13 ^a	± 0,28	2,59	± 0,70	2,12 ^a	± 0,46	
MC	5605,67 ^a	± 1230,46	77,53 ^b	64,83 ^{ab}	± 26,46	23,56	± 7,1	39,16 ^c	± 13,17	1,79 ^{bc}	± 0,53	2,38	± 0,73	1,78 ^{ab}	± 0,40	
MF	5782,18 ^a	± 1138,17	71,44 ^b	65,97 ^{ab}	± 17,68	32,24	± 9,44	44,55 ^{bc}	± 10,95	1,47 ^c	± 0,38	2,51	± 0,61	1,98 ^a	± 0,47	
MUC	5837,67 ^a	± 1255,42	87,82 ^a	66,72 ^{ab}	± 23,12	22,47	± 5,56	54,97 ^{abc}	± 14,53	1,24 ^{abc}	± 0,37	2,57	± 0,72	1,93 ^a	± 0,43	
MUF	6484,72 ^a	± 1336,77	88,51 ^a	73,99 ^a	± 25,15	24,40	± 5,35	64,44 ^{ab}	± 19,25	1,19 ^{ab}	± 0,33	2,30	± 0,57	2,14 ^a	± 0,48	
MÉDIA	5617,99	-	78,51	64,90	-	26,30	-	52,5	-	1,29	-	2,39	-	1,91	-	
CV	18,7	-	9,32	21,05	-	20,93	-	19,25	-	12,5	-	13,58	-	11,05	-	
Valores de F ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Consórcios	4,64*	-	83,17*	2,53*	-	1,55 ^{ns}	-	8,80*	-	6,74*	-	1,62 ^{ns}	-	3,85*	-	
Tempo	23,38*	-	218,26*	39,53*	-	18,04*	-	40,57*	-	6,74*	-	28,73*	-	25,65*	-	
Cons. Vs tempo	0,98 ^{ns}	-	15,47*	1,00 ^{ns}	-	0,77 ^{ns}	-	1,41 ^{ns}	-	6,74 ^{ns}	-	1,13 ^{ns}	-	0,82 ^{ns}	-	

Descrição: Massa Seca (MS); Taxa de cobertura do solo (TCS)³; Milho exclusivo (ME); Milho + *Urochloa brizantha* (MU); Milho + *Crotalaria juncea* (MC); Milho + Feijó Guandu-Anão (MF); Milho + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *Urochloa brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF); ns - não significativo; * Significativo (P<0,10) pelo teste F⁴ na análise de variância; Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,10).

Os teores de nutrientes N, Ca e S ajustaram-se significativamente em função do tempo, expressando equações de regressão ao longo do período avaliado (Figura 3). O nitrogênio apresentou ciclagem linear em função do tempo (Figura 3 A), o nitrogênio representa uma função fundamental no tecido vegetal, é um dos nutrientes oferecidos pela fabaceas, podendo atender as necessidades para culturas em sucessão (CALONEGO et al., 2012), diminuindo o uso de fertilizantes, através da ciclagem de nitrogênio na palhada consorciada das plantas de cobertura (LI et al., 2018). Ao longo do tempo a diminuição de fertilizantes nitrogenados irá favorecer ao meio ambiente e custos menos elevados ao produtor, por se tratar de um grande agente poluente envolvido no sistema agrícola.

Os teores Ca e S apresentaram equação polinomial quadrático significativa em função do tempo (Figura 3, C e G). Os níveis de Ca e S aumentaram e acompanharam os níveis de MS de plantas na superfície do solo, ambos apresentaram regressão quadrática em função do tempo (Figura 3 H). Dessa forma, aplicando a derivada da função de equação polinomial, demonstra-se que a redução da MS na superfície do solo iniciou-se aos 50 DAM, a redução de S iniciou-se aos 45 DAM e a redução do Ca aos 75 DAM. Isso indica que a mineralização de MS e N são mais rápidas do que a de Ca. O Ca faz parte da parede celular e na decomposição da planta no solo, sendo este um dos últimos

elementos a serem disponibilizados (YAMAMOTO et al., 2011). As plantas utilizadas como cobertura do solo elevam o nível de mineralização vários dias após o manejo, enriquecendo o solo nutricionalmente para as posteriores culturas manejadas em safra posterior (CORREA et al., 2017).

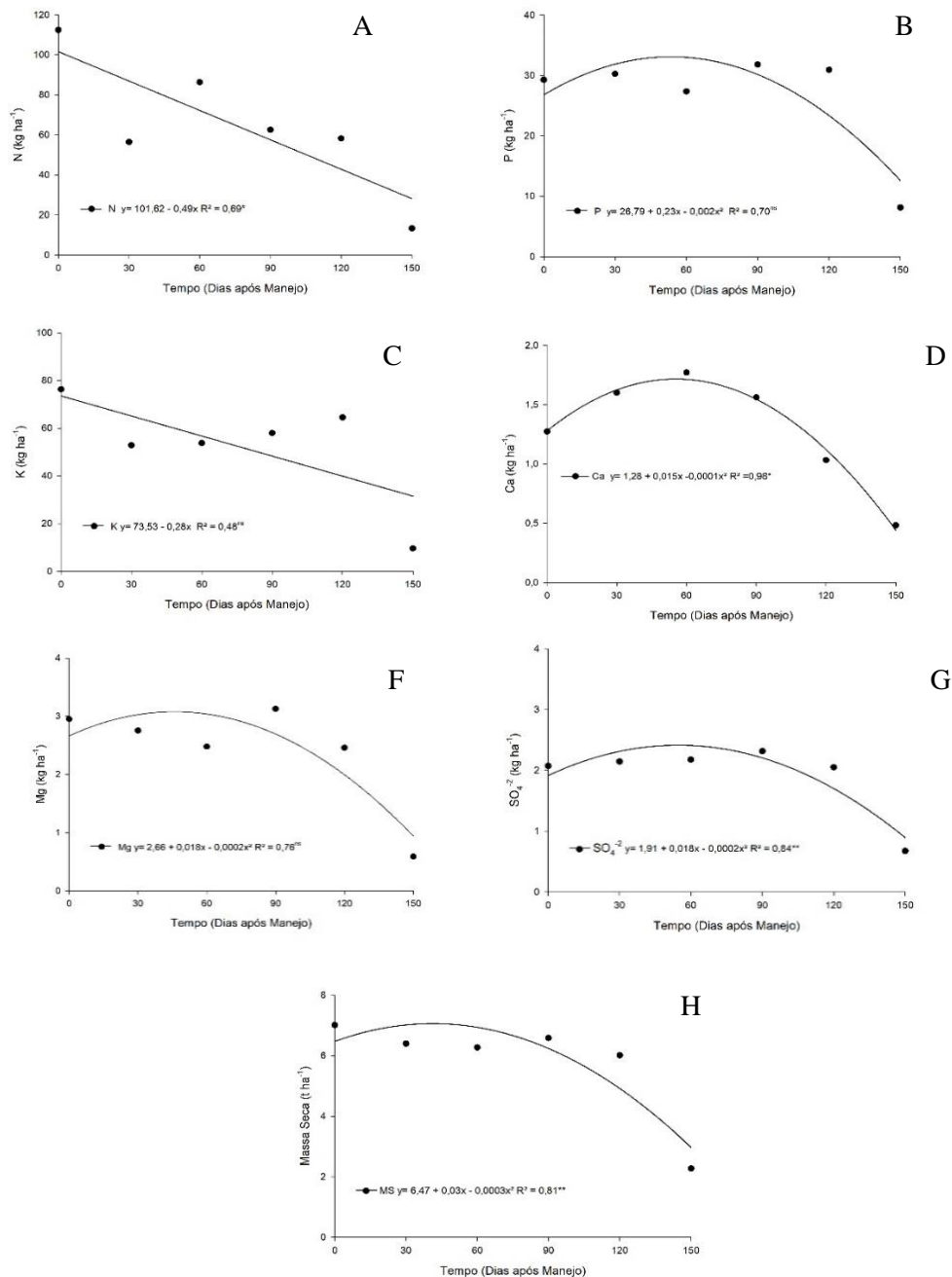


Figura 3. Nutrientes e matéria seca em função do tempo dias após o manejo (0, 30, 60, 90, 120, 150)

Descrição: Nutrientes em função do tempo; N (Nitrogênio); P (Fósforo); K (Potássio); Ca (Cálcio); Mg (Magnésio); SO₄⁻² (Enxofre); Massa seca (t ha⁻¹); ns - não significativo; * - Significativo (P<0,05); ** - Significativo (P<0,10) pelo teste de Tukey.

Os teores de K, P e Mg (Figura 3 B, C, F) apresentaram regressão linear e quadrática em função do tempo, porém, não significativo. As disponibilizações dos nutrientes mineralizados se devem ao fator massa seca, quanto mais massa seca produzida, maior será a liberação e mineralização desses nutrientes para o solo (CORREA et al., 2017). Quando a liberação acontece de forma rápida pode desfavorecer a disponibilidade desses nutrientes, pois podem ser perdidos através da lixiviação no solo (CALONEGO et al., 2012).

Os valores de MS corroboram com ALVARENGA et al., (2001) que relataram que a presença da espécie cultivada influencia diretamente na produtividade de MS. As variações pluviométricas (Figura 1), durante o período de avaliação (0 a 150 DAM) contribuíram para a decomposição mais lenta da palhada remanescente da safra 2016/2017, influenciando positivamente na proteção do solo e mineralização mais lenta dos nutrientes a diminuição da decomposição está também associada as temperaturas e umidades durante o ano agrícola avaliado (TORRES et al., 2005).

Os resultados dos teores foliares de macronutrientes do feijão-caupi não apresentaram diferença estatística em função do uso dos consórcios durante o período de florescimento, observando que o florescimento tardio do feijão-caupi ocorreu devido ao excesso de chuvas registrada durante o ciclo da cultura (Tabela 5). Efeitos contrários foram observados por FONSECA et al. (2010) e PARRY; KATO; CARVALHO, (2008) onde os valores nutricionais de macronutrientes apresentam significância. Porém, tais fatores dependem estritamente do ambiente e solos cultivados para que as condições de cultivo sejam favoráveis.

A produtividade dos grãos do feijão-caupi na safra 2017/2018 apresentou influência significativa em função dos tratamentos (Tabela 5). A maior produtividade de ocorreu com o plantio em sucessão ao MUF (625,40 kg ha⁻¹) que não se diferenciou estatisticamente de MU, MC e MUC comparados ao ME, apresentando produtividades satisfatórias e superior à média regional 221,0 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

A cobertura proporcionada pelos resíduos do consórcio de milho junto as plantas de cobertura *Urochloa brizantha* e feijão guandu-anão proporcionaram incremento na produtividade dos grãos do feijão-caupi, devido ao acúmulo de N e S na palhada do milho consorciado (Tabela 4), que favoreceu significativamente para o incremento da produtividade dos grãos do feijoeiro. Afirmando que os diferentes tipos de sistema de

plântio beneficiam a produtividade do feijão-caupi quando consorciado a outras espécies (ALVES et al., 2009). Entretanto, SOUZA et al. (2011) descrevem que a produtividade do feijão-caupi apresentou influência negativa quando cultivado sob os consórcios.

Tabela 5 – Teores foliares do feijão-caupi em sistema plântio direto na época de florescimento e produtividade dos grãos (kg ha⁻¹)

Consórcios ¹	g kg ⁻¹														Produtividade grãos	
	N	P		K		Ca		Mg		S		kg ha ⁻¹				
ME	29,17	± 5,26	11,10	± 0,63	9,23	± 1,14	3,18	± 0,53	1,17	± 0,12	2,42	± 0,30	241,65 ^b	± 24,48		
MU	27,98	± 6,24	9,78	± 0,72	9,85	± 0,37	5,33	± 1,94	1,24	± 0,12	2,43	± 0,43	493,99 ^{ab}	± 131,73		
MC	30,08	± 3,64	9,99	± 0,22	9,96	± 0,54	3,89	± 0,29	1,06	± 0,06	2,51	± 0,18	559,54 ^{ab}	± 168,84		
MF	29,53	± 4,02	11,45	± 1,10	10,00	± 0,33	3,28	± 0,42	1,12	± 0,08	2,68	± 0,42	433,79 ^{ab}	± 56,89		
MUC	25,53	± 1,38	11,25	± 0,95	10,67	± 0,27	3,13	± 0,51	1,11	± 0,06	2,67	± 0,38	388,05 ^{ab}	± 56,93		
MUF	28,05	± 5,15	9,30	± 0,73	8,53	± 0,69	3,99	± 0,30	1,09	± 0,03	2,35	± 0,28	625,40 ^a	± 119,26		
MÉDIA	28,39	-	10,48	-	9,71	-	3,80	-	1,13	-	2,51	-	433,75	-		
C.V. (%) ²	18,42	-	15,40	-	10,70	-	49,33	-	14,88	-	15,77	-	36,87	-		
Valor de F ³	0,38 ^{ns}	-	1,23 ^{ns}	-	2,01 ^{ns}	-	0,79 ^{ns}	-	0,58 ^{ns}	-	0,48 ^{ns}	-	2,59*	-		

Descrição: Milho exclusivo (ME); Milho + *Urochloa brizantha* (MU); Milho + *Crotalaria juncea* (MC); Milho + Feijão Guandu-Anão (MF); Milho + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); Milho + *Urochloa brizantha* + Feijão guandu-anão (MUF); ²Coefficiente de variação; ³Valores de teste F na análise de variância; ns - não significativo; * - Significativo (P<0,10); Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,10).

O aporte de massa seca do feijão guandu-anão e *Urochloa brizantha* na palhada remanescente do consórcio de milho com plantas de cobertura proporcionou maior proteção e maior capacidade de reter umidade no solo, incrementando no maior crescimento e produtividade de grãos. Os resultados corroboram com MARANGONI et al. (2017) que verificaram que os resíduos do feijão guandu anão, favoreceu a produtividade de 3.650 kg ha⁻¹ do feijoeiro. A presença de *Urochloa* consorciada com milho também beneficia na produtividade acima de 2.000 kg ha⁻¹ de grãos do feijão-caupi (CARMEIS FILHO, 2014).

As fabaceas e *Urochloa* foram de grande relevância para o desenvolvimento do feijão-caupi sob SPD do milho consorciado com plantas de cobertura. A qualidade e quantidade produzida de massa seca, bem como os nutrientes promoveram desempenho produtivo dos grãos, quando cultivados em solo arenoso na região de Ecótono Cerrado-Caatinga.

Mesmo ocorrendo fatores ambientais negativos durante todo o período do experimento na safra 2016/2017, o presente trabalho aponta que o consórcio duplo e triplo

de milho junto a plantas de coberturas são importantes para o aumento da produtividade do feijão-caupi. Ao se inserir um sistema conservacionista no sistema de produção deve-se aplicar os conceitos de sucessão de cultura e manutenção da cobertura do solo, verificando-se as características edafoclimáticas e culturais para cada região produtora.

4. CONCLUSÕES

O maior acúmulo de K na massa seca de plantas ocorre em milho consorciado com *Urochloa brizantha* e Feijão guandu-anão.

O maior acúmulo de Mg ocorre na massa seca de plantas sem monocultivo de milho.

Os consórcios de plantas de cobertura restringe a produtividade de grãos de milho e exportação de nutrientes nos grãos devido a competição por água, luz e nutrientes.

A avaliação da taxa de cobertura do solo demonstrou maior proteção do solo durante o período de pousio (150 dias após o manejo) no consórcio de milho com *Urochloa brizantha*;

A decomposição de massa seca e liberação de macronutrientes são menores no início das avaliações, havendo aumento no período das chuvas;

Os teores de macronutrientes nas folhas do feijão-caupi não são influenciados pelos sistemas de cultivos anteriores.

O aporte de resíduos culturais obtido pelo plantio de milho consorciado com plantas de cobertura favorece o aumento de produtividade de grãos do feijão-caupi em solo arenoso no Ecótono Cerrado-Caatinga.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, jan/fev. 2001.
- ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroecônômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa vista-RR. v. 3, n. 1, p. 15-30 jan-jun, 2009.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, J. C.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção: 2. p.108, dez. 2002.
- BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S. D.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Produção de soja e milho cultivados sobre diferentes coberturas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 1, p. 89-98, jan/mar. 2015.
- CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journol**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, sept/oct. 2012.
- CAMPOS, A. R. **Classificação pedológica de perfis de solo em transecto na bacia hidrográfica do rio Gurguéia**. (Dissertação: Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, 72 p. 2014.
- CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, abr-jun. 2014.
- CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.7, p.551-561, jul. 2015.
- CARVALHO, A. M.; DANTAS, R. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P.; FONSECA, O. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no cerrado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 290. **Embrapa Cerrados**. Planaltina-DF. p.15, jul. 2010.
- CHIEZA, E. D.; JOSÉ GUERRA, G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com

Crotalaria juncea L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.2, p. 189-196, mar-abr. 2017.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; HOLANDA, H. V.; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consórcio de Urochloas com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria. Epub. vol. 42 n. 10. Aug, 2012.

CONAB – Companhia Brasileira de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. v.6 Safra 2017/18 - Sexto levantamento, Brasília, p. 1-140 março, 2018.

CORREA, C. C. G.; TEODORO, P. E.; SILVA, F. A.; RIBEIRO, L. P.; ZANUNCIO, A. S.; CECCON, G.; TORRES, F. E. Macronutrients release by green manure species grown in cerrado/pantanal ecotone. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 4, july-aug. 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; BICUDO, S. J.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; MACHADO, C. G. Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 4, p. 633-639, 2009.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A. SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; FILHO, J. C. DE A.; SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE, M. R.; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLO, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1003-1020, set. 2016.

FONSECA, M. R.; FERNANDES, A. R.; SILVA, G. R.; BRASIL, E. C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão-caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias.**, v.53, n.2, p.195-205, jul/dez. 2010.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina-Piauí. ed. 21. p. 84, 2011.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalaria em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 156-168, 2012.

GONÇALVES, D. S. R. **Padrões de distribuição da avifauna em área de Ecótono Cerradoo-Caatinga no Nordeste do Brasil**. Dissertação do Programa de Pós-graduação em zoologia, Universidade Federal do Pará. 39p. 2015.

GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal** 4. 2214-5141/© 2015 Crop Science Society of China and Institute of Crop Science, CAAS. p. 83-91, dec. 2016.

JESUS, J. **Rendimento e Qualidade do Tabaco Virgínia Afetados Pelo Uso de Adubação Nitrogenada e Potássica**. (Dissertação: Mestrado Ciência do Solo)

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Lages, p. 65, dez. 2016.

LI, L.; YANGA, T.; LIU, R.; REDDEN, B.; MAALOUF, F.; ZONG, X. Food legume production in China. **The Crop Journal**. Vol. 5, Issue 2, p. 115-126, Apr. 2017.

MARANGONI, R. E.; ARAÚJO, L. S.; VALENTE, M. S.; SILVA, L. G. B.; SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R. Produção de fitomassa seca de guandu-anão e milho e a decomposição das palhadas sob cultivo do feijoeiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa vista – RR. v. 11, n. 2, p. 119-127, abril-junho, 2017.

MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçui Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 6, n. 4, p. 652-664. 2013.

MENDONÇA V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:183-193, set. 2015.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO L. M. M.; ANDREOTTI, M.; YANO, E. H. Teor e acúmulo de nutrientes no consórcio de milho com forrageiras no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**. Recife, v.9, n.3, p.330-337, set. 2014.

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

PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, K. G. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.3, p.236–242, nov. 2008.

R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Core Team (2014). URL <http://www.R-project.org/> - acessado em: 12 de junho de 2016.

SALVACION, A. R. Climatic Change Impact on Corn Productivity in the Philippines. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)**. vol. 23, n. 1, p. 54-68, jan. 2015.

SILVA, F. S. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2 ed., Brasília: Embrapa, 624p. 2011.

SODRÉ-FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.327-334, 2004.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIM, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, vol. 70, n. 3, p. 715-721, mar. 2011.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:635-643, jan. 2011.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:609-618, mai. 2005.

YAMAMOTO, E. L. M.; FERREIRA, R. M. A.; FERNANDES, P. L. O.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.2, p. 49-55 abril-junho de 2011.