

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS –  
AGRONOMIA - CAMPUS RIO VERDE**

**JAQUELINE BALBINA GOMES FERREIRA**

**RENDIMENTO DE CULTURAS AGRÍCOLAS E DECOMPOSIÇÃO DE  
PALHADA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.**

**RIO VERDE - GO  
2019**

**JAQUELINE BALBINA GOMES FERREIRA**

**RENDIMENTO DE CULTURAS AGRÍCOLAS E DECOMPOSIÇÃO DE  
PALHADA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Curso em Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal Goiano como exigência parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Darliane de Castro Santos

**RIO VERDE, GO  
2019**

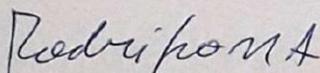
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

RENDIMENTO DE CULTURAS AGRÍCOLAS E  
DECOMPOSIÇÃO DE PALHADA EM SISTEMAS  
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Autora: Jaqueline Balbina Gomes Ferreira  
Orientadora: Dra. Darliane de Castro Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

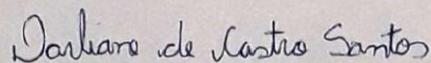
APROVADA em, 19 de dezembro de 2019.



Prof. Dr. Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida  
Avaliador externo  
Embrapa – Palmas



Prof. Dr. Adriano Jakelaitis  
Avaliador interno  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof.<sup>a</sup> Dra. Darliane de Castro Santos  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

F383r      Ferreira, Jaqueline Balbina Gomes  
            Rendimento de culturas agrícolas e decomposição de  
            palhada em sistemas integrados de produção /  
            Jaqueline Balbina Gomes Ferreira; orientadora  
            Darliane de Castro Santos; co-orientador Gustavo  
            Castoldi. -- Rio Verde, 2019.  
            61 p.

            Dissertação ( em Programa de Pós-graduação em  
            Ciências Agrárias - Agronomia ) -- Instituto Federal  
            Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

            1. Consórcio. 2. Plantas de cobertura. 3.  
            Integração Lavoura-Pecuária. I. Santos, Darliane de  
            Castro, orient. II. Castoldi, Gustavo, co-orient.  
            III. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me amparado, sustentado e ter me permitido chegar até aqui, pois sem ele nada seria possível.

Aos meu pais Silvânia Balbina de Brito Ferreira e Hélio Gomes Ferreira e a toda minha família, por todo apoio, por terem acreditado em mim, por estarem comigo nessa jornada, cuidando mesmo de longe e me incentivando, amo vocês.

A minha amiga Arlini Rodrigues Fialho, pelo companheirismo, pelo apoio, por sempre me ouvir, por estar comigo em todos os momentos tanto os bons quanto os ruins, aprendi muita coisa e você é mais que uma amiga é minha irmã, moramos juntas durante esse período e só tenho a agradecer pois você se tornou minha família.

A minha orientadora Dr<sup>a</sup> Darliane de Castro Santos, por estar sempre presente me orientando, dando todo suporte necessário, aconselhando, e passando conhecimentos ímpares, tendo paciência, fazendo evoluir como estudante e como pessoa.

Gostaria de agradecer ao pesquisador da Embrapa Dr. Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida e ao professor Dr Adriano Jakelaitis, por terem aceitado participar da minha banca.

Aos meus coorientadores Dr. Gustavo Castoldi e Dr. Victor Costa e Silva, por terem contribuído. A todos os professores do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde por contribuírem para minha formação.

Também a nossa equipe, as meninas, Karine Meira de Abreu, Stéfany de Oliveira Souza, Arlini Rodrigues Fialho, por sempre estarem presentes me ajudando nas avaliações, sem vocês esse trabalho não teria sido realizado. Aos meus amigos do mestrado que sempre me ajudaram.

Queria agradecer ao Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano – GAPES e ao Grupo Kompier – Fazenda Boa Esperança, a todos os funcionários e estagiários por todo apoio na realização desse trabalho, faço isso em nome do Túlio Gonçalo e Marion Kompier, respectivamente.

Agradeço a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, pela oportunidade deste trabalho.

Quero agradecer também a todos que contribuíram na realização deste trabalho de forma direta ou indireta.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Jaqueline Balbina Gomes Ferreira nasceu em Santa Helena de Goiás – GO, em 12 de novembro de 1994, filha de Silvânia Balbina de Brito Ferreira e Hélio Gomes Ferreira. Coursou Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Goiás – Campus Santa Helena de Goiás, entre 2012 e 2016. Em 2018 ingressou no IF Goiano – Campus Rio Verde, no programa de pós-graduação *Stricto Sensu*, Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia, com linha de pesquisa em tecnologias sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1 . INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 . REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Sistema de Plantio Direto .....	13
2.2 Consórcio entre culturas graníferas e forrageiras.....	14
2.3 Produção de palhada em sistemas agrícolas.....	16
2.4 Decomposição de palhada.....	18
OBJETIVOS .....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
CAPÍTULO I.....	29
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS .....	32
RESULTADOS.....	36
CONCLUSÕES .....	41
AGRADECIMENTOS.....	41
REFERÊNCIAS .....	41
CAPÍTULO II.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS .....	47
RESULTADOS.....	51
DISCUSSÕES .....	53
CONCLUSÕES .....	55
AGRADECIMENTOS.....	56
REFERÊNCIAS .....	56
Conclusão Geral.....	60

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo I: Alternativas de sistemas de produção agrícola para a segunda safra no Cerrado brasileiro

**Tabela 1.** Tabela 1. Peso de 1000 grãos (P1000G), rendimento de grãos (RG) e índice de eficiência da área (IEA) de sorgo em monocultivo comparado com sorgo consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras do gênero *Urochloa*. Fazenda Boa Esperança, Montividiu, GO, 2<sup>a</sup> safra agrícola 2018 e 2019.....33

**Tabela 2.** Peso de 1000 grãos (P1000G), rendimento de grãos (RG) e índice de eficiência da área (IEA) de sorgo em monocultivo comparado com sorgo consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras do gênero *Urochloa*. Área experimental do GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano), Rio Verde, GO, 2<sup>a</sup> safra agrícola 2018 e 2019.....34

**Tabela 3.** Peso de 1000 grãos (P1000G), rendimento de grãos (RG) e índice de eficiência da área (IEA) de milho em monocultivo comparado com milho consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras do gênero *Urochloa*. Fazenda Boa Esperança, Rio Verde, GO, 2<sup>a</sup> safra agrícola 2018 e 2019.....35

**Tabela 4.** Peso de 1000 grãos (P1000G), rendimento de grãos (RG) e índice de eficiência da área (IEA) de milho em monocultivo comparado com milho consorciado em sistemas integrados de produção com com forrageiras do gênero *Urochloa*. Área experimental do GAPES, Rio Verde, GO, 2<sup>a</sup> safra agrícola 2018 e 2019.....35

### Capítulo II: Decomposição de biomassa de culturas agrícolas e plantas de cobertura em sistemas integrados de produção no cerrado

**Tabela 1.** Ajustes de regressão exponencial para decomposição de massa seca e palhada remanescente (Equação) e tempo de meia vida ( $T^{1/2}$ ) dos diferentes sistemas de produção agrícola. Estação de pesquisa GAPES, Rio Verde, GO, safra 2018/2019.....51

**Tabela 2.** Quantidade de palhada remanescente (Kg ha<sup>-1</sup>) no plantio (8 dias após o início do experimento de decomposição) e florescimento (50 dias após o início do experimento de decomposição) da soja determinadas pela equação de decomposição de palhada (Tabela 1) dos diferentes sistemas de produção agrícola. Estação de pesquisa GAPES, Rio Verde, GO, safra 2018/2019.....52

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **Capítulo I: Alternativas de sistemas de produção agrícola para a segunda safra no Cerrado brasileiro**

**Figura 1.** Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluviométrica (durante o período do experimento em campo nos dois anos 2018 e 2019), extraídos da Estação Meteorológica da área experimental do Gapes, localizada no município de Rio Verde – GO.....31

**Figura 2.** Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluviométrica (durante o período do experimento em campo nos dois anos 2018 e 2019), extraídos da Estação Meteorológica da fazenda Boa Esperança, localizada no município de Montividiu – GO.....32

**Figura 3.** Resultado de rendimento de grãos de milho em dois anos agrícolas (2<sup>a</sup> safra 2018 e 2019) em dois locais diferentes (GA: Rio Verde – GO e BE: Montividiu – GO). .....35

### **Capítulo II: Decomposição de biomassa de culturas agrícolas e plantas de cobertura em sistemas integrados de produção no cerrado**

**Figura 1.** Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluviométrica (durante o período do experimento em campo nos dois anos 2018 e 2019), extraídos da Estação Meteorológica da área experimental do Gapes, localizada no município de Rio Verde – GO.....43

**Figura 2.** Médias de produção de matéria seca. Estação experimental do GAPES, Rio Verde – GO.....46

## RESUMO

FERREIRA, JAQUELINE BALBINA GOMES. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, dezembro de 2019. **Rendimento de culturas agrícolas e decomposição de palhada em sistemas integrados de produção.** Orientadora: DSc. Darliane de Castro Santos; Coorientador: DSc. Gustavo Castoldi; Coorientador: DSc. Victor Costa e Silva

**RESUMO** – Para o sucesso do sistema de plantio direto é imprescindível que o solo tenha palhada em quantidade e qualidade, onde o consórcio é uma opção. Objetivou-se com este trabalho avaliar plantas de cobertura e consórcios de culturas agrícolas com forrageiras e a posterior decomposição dessas palhadas em sistemas integrados de produção. O projeto foi conduzido por dois anos nas safras agrícolas 2018 e 2019 nos municípios de Rio Verde-GO e Montividiu-GO. Os tratamentos avaliados foram: 1) Milho em monocultivo; 2) Milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*; 3) Sorgo consorciado com *U. ruziziensis*; 4) Sorgo em monocultivo; 5) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; 6) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, no primeiro estudo e 1) Milho em monocultivo; 2) Milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*; 3) *U. ruziziensis* em monocultivo; 4) Sorgo consorciado com *U. ruziziensis*; 5) Sorgo em monocultivo; 6) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; 7) *U. brizantha* cv. Marandu solteira; 8) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás; 9) *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás solteira; 10) Girassol consorciado com *U. ruziziensis*; 11) *Crotalaria spectabilis*; 12) Milheto; 13) Mix (Milheto, *C. spectabilis* e *U. ruziziensis*), no segundo estudo. Foram quantificados o rendimento de grãos das culturas graníferas, o rendimento de massa seca de plantas de cobertura e a decomposição das diferentes palhadas durante o ciclo da soja semeada na safra seguinte. Quando algum efeito foi considerado significativo ( $p < 0,05$ ), as médias foram obtidas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico R. Após a colheita das culturas agrícolas e dessecação das plantas de cobertura foi semeada a cultura da soja e instalados na área sacos de nylon com amostras para a avaliação de decomposição dos resíduos vegetais. Essas amostras foram retiradas aos 30, 60, 90 e 120 dias, obtendo-se a curva de decomposição de cada um. O consórcio de sorgo com *U. ruziziensis* não afetou o rendimento de grãos da cultura quando realizado o plantio tardio mostrando um tipo de consórcio eficiente para ambos locais. O consórcio de milho com *U. ruziziensis* se destacou em Rio Verde-GO e o consórcio de milho com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás em Montividiu-GO, sendo opções de consorciação para plantio tardio. O plantio tardio dos consórcios associado com a menor população de plantas da cultura agrícola pode ter favorecido as forrageiras na competição, principalmente no caso do milho. Dessa forma, é recomendado o plantio desses consórcios durante as condições de plantio mais favoráveis, para que assim a cultura agrícola consiga se sobressair na competição e não ter influência no rendimento de grãos. Com relação à produção de biomassa, entre os consórcios o de milho com *U. brizantha* cv. Marandu produziu a maior quantidade de biomassa. Entre as palhadas a que se manteve em maior quantidade ao ciclo final da soja foi o milho consorciado com *U. brizantha* cv. Paiáguas. A palhada do milho em monocultivo apresentou o maior tempo de meia vida.

**Palavras-chave:** Consórcio; Plantas de cobertura; Integração Lavoura-Pecuária.

## ABSTRACT

FERREIRA, JAQUELINE BALBINA GOMES. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, december 2019. Crop yield and straw decomposition in integrated production systems. Advisor: DSc. Darliane de Castro Santos; Co-Advisor: DSc. Gustavo Castoldi; Co-Adivisor: DSc. Victor Costa e Silva

**ABSTRACT** – For the success of no-tillage system it is essential that the soil has straw in quantity and quality, so the consortium is an option. The objective of this work was to evaluate cover plants and consortia of agricultural crops with forage and the subsequent decomposition of these straws in integrated production systems. The project was carried out for two years in the agricultural crops of 2018 and 2019 in Rio Verde-GO and Montividiu-GO municipalities. The evaluated treatments were: 1) Corn in monoculture; 2) Corn intercropped with *Urochloa ruziziensis*; 3) Sorghum intercropped with *U. ruziziensis*; 4) Sorghum in monoculture; 5) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. Marandu; 6) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, in the first study and 1) Corn in monoculture; 2) Corn intercropped with *Urochloa ruziziensis*; 3) *U. ruziziensis* in monoculture; 4) Sorghum intercropped with *U. ruziziensis*; 5) Sorghum in monoculture; 6) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. Marandu; 7) *U. brizantha* cv. Marandu single; 8) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás; 9) *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás single; 10) Sunflower intercropped with *U. ruziziensis*; 11) *Crotalaria spectabilis*; 12) Millet; 13) Mix (*Milheto*, *C. spectabilis* and *U. ruziziensis*), in the second study. The grain yield of grain crops, the dry mass yield of cover crops and the decomposition of different straws were quantified during the soybean cycle sown in the following harvest. When any effect was considered significant ( $p < 0.05$ ), the means were obtained by the method of least squares and compared by Tukey test, at 5% probability, using the statistical software R. After harvesting agricultural crops and desiccation of the cover plants, the soybean culture was sown and nylon bags with samples were installed in the area for the evaluation of vegetable residues decomposition. These samples were taken at 30, 60, 90 and 120 days, obtaining the decomposition curve for each one. The sorghum consortium with *U. ruziziensis* did not affect the grain yield of the crop when late planting was used showing to be an efficient type of consortium for both locations. The corn consortium with *U. ruziziensis* stood out in Rio Verde-GO and the corn consortium with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás in Montividiu-GO, being intercropping options for late planting. The late planting of the consortia associated with a smaller plant population of agricultural culture may have favored the forages in the competition, mainly in the corn. Thus, it is recommended to plant these consortia during the most favorable planting conditions, so that the agricultural culture can stand out in the competition and not have an influence on grain yield. Regarding biomass production, among the consortia, corn with *U. brizantha* cv. Marandu produced the largest amount of biomass. Among the straws that most remained in the final soybean cycle was corn intercropped with *U. brizantha* cv. Paiaguás. The corn straw in monoculture showed the longest half-life.

**Key words:** Intercropping; Cover crops; Crop-Livestock Integration.

## 1 . INTRODUÇÃO GERAL

Um dos princípios básicos do SPD (Sistema de Plantio Direto) é o uso de práticas de manejo que protejam o meio ambiente, tais como: manutenção eficiente dos resíduos na superfície do solo (palhada), rotação de culturas, uso adequado de herbicidas, máquinas específicas e o não revolvimento do solo (Crusciol et al., 2015). O SPD vem sendo uma opção para recuperação dos solos de áreas degradadas, preservando os mesmos em áreas de produção.

Embora o SPD necessite de aporte constante de resíduos vegetais na superfície do solo, as culturas comerciais cultivadas solteiras, muitas vezes, não produzem palhada em quantidade suficiente, valores acima de 6000 kg ha<sup>-1</sup> são ideais para cobrir pelos menos 80% da superfície do solo, protegendo-o ao longo do ano (Mateus et al., 2016; Cruz et al., 2011). O consórcio de culturas agrícolas e forrageiras é uma opção que se pode obter rendimento de grãos semelhante a cultura em monocultivo, e ainda produzir palhada para manutenção do SPD. As palhadas mais indicadas para o plantio direto são as que apresentam cobertura do solo, maior que 80% e menor relação C/N que levam mais tempo para se decompor permanecendo no solo por um período maior (Costa et al., 2016; Cruz et al., 2011). Uma alternativa para implantação de palhadas nos sistemas produtivos são os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA).

Os SIPA apresentam inúmeros benefícios destacando a ciclagem de nutrientes, com consequente melhoria da sustentabilidade do agroecossistema (Salton et al., 2014). Nesse contexto, o objetivo geral com este trabalho foi avaliar plantas de cobertura e consórcios de culturas agrícolas com forrageiras e a posterior decomposição dessas palhadas em sistemas integrados de produção.

## 2 . REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sistema de Plantio Direto

O monocultivo e o manejo inadequado do solo (por exemplo, uso excessivo de preparo do solo) na agricultura causaram redução nos estoques de carbono, levando a degradação dos solos e dos recursos naturais e declínios na produtividade das culturas (Guarnieri et al., 2019), o sistema de plantio direto (SPD) surgiu como alternativa para superar estes entraves. Conceitualmente o SPD abrange um complexo ordenado de práticas agrícolas inter-relacionadas e interdependentes, que inclui, além do não revolvimento do solo, a rotação de culturas , o uso de plantas de cobertura para formar e manter a palhada sobre o solo (Anghinomi et al., 2018).

O SPD preconiza a cobertura verde constante, favorecendo os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (Pires et al., 2015), além do revolvimento mínimo do solo e a rotação de culturas. O SPD é um dos sistemas mais utilizados atualmente, com maquinários adaptados, sistemas de manejos tecnificados e tecnologias inovadoras, como maquinários e melhoramento de cultivares, sendo lançadas no mercado. Para viabilizar o SPD, é necessária a utilização de plantas de cobertura que possibilitem, boa produtividade e manutenção da palhada sobre o solo, influenciando maior produção e sustentabilidade para as culturas em sucessão (Fiorentin et al. 2015). Teodoro et al., 2011 destaca que valores de 6000 a 12000 kg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca são suficientes para serem consideradas boa cobertura de solo (Fabian, 2009) e compensar as elevadas taxas de decomposição dos resíduos vegetais (Torres et. al., 2005).

Para manter anualmente o aporte de palha exigido para a manutenção da estabilidade do SPD, é de fundamental importância o estabelecimento de culturas para a produção de palha em quantidade adequada para a cobertura do solo e que minimize o acelerado processo de decomposição da mesma (Pereira et al. 2015). A taxa de decomposição dos resíduos vegetais deve ser compatível com a manutenção do solo protegido, contra agentes erosivos por maior período de tempo e com o fornecimento de nutrientes sincronizado com a demanda pela cultura subsequente (Oliveira et al., 2002), levando a um ciclo sustentável entre safra e safrinha.

Além das plantas de cobertura, o consórcio de culturas comerciais com forrageiras é alternativa de sistema para a melhoria do ambiente de produção, pela palha remanescente produzida, que é a base do SPD para as culturas semeadas em sucessão,

além de cobrir o solo, melhorando a agregação de partículas e, se possível, atuar no controle de pragas, doenças e plantas daninhas (Carvalho et al., 2010). O SPD e o SIPA são alternativas de manejo que conciliam a manutenção e, até mesmo, a elevação da produção com maior racionalidade dos insumos empregados (Santos et al., 2008). O sinergismo entre os sistemas traz maiores benefícios em que a integração diversifica o uso da terra através da rotação, contribuindo para o aporte de palhada no solo em SPD, recuperando solos degradados, aumentando teor de matéria orgânica e evitando lixiviação de nutrientes.

## 2.2 Consórcio entre culturas graníferas e forrageiras

O interesse pelo cultivo consorciado de plantas produtoras de grãos com forrageiras tropicais em SPD tem aumentado significativamente por parte de técnicos e produtores das regiões caracterizadas com inverno seco, em que uma das principais características do sistema é o aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo (Garcia et al., 2014). Esse cultivo consorciado também é uma opção para aumentar a produtividade dos grãos, bem como a renovação de pastagens degradadas, principalmente na região do Cerrado central no Brasil (Vilela et al., 2012). O consórcio é possível, graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies (Pereira et al., 2011).

Sob as condições tropicais e subtropicais do Brasil, o consórcio de milho e gramíneas perenes do gênero *Urochloa* é uma excelente alternativa para estabelecer a *Urochloa* como cultura de cobertura (Pariz et al. 2016; Almeida et al. 2017). Introduzir espécies forrageiras aos sistemas produtivos se evidencia em razão da elevada produtividade de matéria seca e eficiência na reciclagem de nutrientes, já que, gramíneas forrageiras possuem o sistema radicular agressivo, são capazes de explorar maior volume de solo, podendo alcançar mais de um metro de profundidade e aproveitando a adubação residual da cultura de verão (Crusciol et al., 2012).

Sistemas consorciados na agricultura, envolvendo culturas anuais e plantas forrageiras do gênero *Urochloa*, destacam-se como ferramentas para intensificar o desenvolvimento de áreas destinadas para agricultura no Brasil (Seidel et al., 2014), tornando-se excelente opção para a produção de forragem de qualidade na segunda safra e para a formação de biomassa sob plantio direto em sistemas integrados de produção

agropecuário (SIPA), com técnicas de cultivo para manejo correto de milho evitando competição com as plantas de *Urochloa* (Ceccon et al., 2014; Santos et al., 2016; Costa et al., 2016). O consórcio de milho com forrageira tem como objetivos, levando em consideração a forrageira, a produção de palha para cobertura do solo e produção de forragem para alimentação de animais, a diferença entre um e outro objetivo consiste basicamente na população e distribuição de plantas: maiores populações são usadas para a formação de pasto e, menores, para a produção de palha (Ceccon et al., 2013).

Os SIPA têm sido reconhecidos como alternativas para intensificação sustentável, pois são mais eficientes no uso dos recursos naturais (Wright et al., 2012), promovem a ciclagem de nutrientes e a melhoria do solo (Salton et al., 2014), diminuem os custos de produção (Ryschawy et al., 2012), mantendo altos os níveis de produção (Balbinot Jr et al., 2009) e também trazem vantagens para o ecossistema (Sanderson et al., 2013). O consórcio de culturas graníferas com forrageiras é uma modalidade de SIPA, assim como a associação do mesmo com o SPD e como alternativas para elevar o aporte de palhada para continuidade do SPD, estudos demonstraram resultados satisfatórios com consórcio de culturas graníferas como o milho, sorgo granífero com capins dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* (Crusciol et al., 2012; Borghi et al., 2013; Costa et al., 2016; Pariz et al., 2016; Almeida et al., 2017; Nolla et al., 2019).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) tem surgido como espécie promissora para produção de grãos (Silva et al., 2009; Silva et al. 2015), por permitir maior tolerância à seca em relação ao milho. O consórcio da cultura com forrageiras é promissor (Horvathy Neto et al., 2014; Silva et al., 2014; Ribeiro et al., 2015) por não afetar, em alguns casos, o rendimento de grãos e permitir a produção de forragem nos sistemas de sucessão de culturas. O sorgo é uma excelente alternativa para produção de grãos de verão em solos com baixa fertilidade, quando o milho tem dificuldades para se desenvolver, particularmente em regiões com condições quentes e oscilações de chuva (por exemplo, o Cerrado brasileiro e Savana africana) (Mateus et al., 2011; Sani et al., 2011; Surve e Arvadia, 2011). O sorgo é tolerante a condições de seca, pois pode obter água de camadas mais profundas do solo, podendo ainda produzir grandes quantidades de biomassa seca (Sani et al., 2011).

Nos consórcios de milho com gramíneas forrageiras, há diferença na maturação entre as culturas de grãos e as forrageiras, pois, as culturas são de ciclo anual e crescimento mais rápido, enquanto as gramíneas forrageiras são de ciclo perene e crescimento mais lento (Bianco et al., 2005). Outra característica favorável as

forageiras é a diminuição da produção de folhas em condição de sombreamento durante o consórcio, sendo que após a colheita de grãos, verifica-se satisfatório potencial de rebrota priorizando a produção de folhas (Borghini et al., 2007). Dependendo do objetivo do consórcio, do método de implantação e da população de plantas de braquiária a ser estabelecida, as perdas em milho podem ser minimizadas, e nessas condições, o milho deve ser cultivado como se fosse para o cultivo solteiro, sem alterações na adubação e na escolha de híbridos ou populações de plantas, preconizando alta produtividade (Ceccon et al., 2013).

Se o propósito do sistema for a produção de palhada e cobertura do solo, isso exige da gramínea alta facilidade de dessecação, produção de massa suficiente, crescimento moderado e baixo custo de sementes (Machado et al., 2013), facilitando o manejo do consórcio. A combinação de espécies anuais e perenes reflete um efeito sinérgico na produtividade e nos atributos do solo, que resulta na utilização mais eficiente dos nutrientes disponíveis, melhorias das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, reduzindo os riscos econômicos que derivam da exploração isolada das espécies (Kondo et al., 2012). O consórcio integra duas atividades com os objetivos de maximizar racionalmente o uso da terra, diversificar e verticalizar a produção, minimizar custos e agregar valores aos produtos, pelo aproveitamento dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona a outra (Mello et al., 2004).

### **2.3 Produção de palhada em sistemas agrícolas**

Para a sustentabilidade do SPD, especialmente nas regiões tropicais, é indispensável que a palhada seja mantida sobre a superfície do solo constantemente (Soratto et al., 2012), durante o ciclo da cultura subsequente. Características climáticas das regiões tropicais podem ser limitantes para o cultivo de culturas anuais na entressafra, nessas condições de clima, as características mais importantes nas plantas de cobertura do solo são a quantidade e a durabilidade da fitomassa produzida (Leite et al., 2010). A indicação sistemática de plantas de cobertura, associada ao sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificadas para uso em sistema plantio direto no Bioma Cerrado, é uma estratégia para acúmulo de palhada na superfície do solo (Wutke et al., 2014).

Dentre as espécies vegetais utilizadas, as culturas como gramíneas do gênero *Urochloa*, milheto (*Pennisetum glaucum L.*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*) têm sido consideradas de boa adaptação ao Cerrado, sendo excelentes opções para utilização em sistemas conservacionistas como o SPD (Fabian, 2009; Garcia et al., 2012).

O milheto é utilizado como planta de cobertura nos solos do Cerrado brasileiro em razão da elevada capacidade de produção de massa verde e seca, da sua alta tolerância à seca, à adaptabilidade aos solos de baixo nível de fertilidade e à característica de elevada capacidade de extração de nutrientes, face ao sistema radicular profundo, em que os nutrientes extraídos pela planta de milheto permanecem na palhada, sendo reciclados ou liberados gradativamente no solo (Rezende et al., 2016). Já a leguminosa *Crotalaria spectabilis* é uma espécie de ampla adaptação ecológica, recomendada para adubação verde, é uma leguminosa anual de crescimento inicial lento e bastante efetiva no impedimento da multiplicação das populações de nematoides (Barreto & Fernandes, 2008).

A quantidade de fitomassa seca produzida no inverno no Cerrado é inferior quando comparada àquela obtida no verão, mesmo assim, alguns resultados mostram que braquiária, milheto, crotalária, têm se adaptado bem ao clima e solo deste bioma, em ambas as épocas de semeadura (seca e chuvosa) (Boer et al., 2008; Torres et al., 2008; Leite et al., 2010; Teixeira et al., 2011; Chioderoli et al., 2012, Rossi et al., 2012). A utilização da braquiária ocorre em razão de seu sistema radicular apresentar em média 2,0 m de profundidade, de possuir excelente resistência à escassez hídrica, quando comparadas com espécies produtoras de grãos, e por produzir alta quantidade de massa seca em torno de 20.000 kg ha<sup>-1</sup> (Crusciol et al., 2012).

Algumas espécies de gramíneas e leguminosas têm sido amplamente utilizadas pela sua eficácia no sistema, as leguminosas promovem incorporação de nitrogênio através das bactérias fixadoras alojadas em seu sistema radicular tendo a característica de promover a decomposição de sua palhada rapidamente, pela baixa relação Carbono/Nitrogênio (C/N), o que as tornam eficientes na ciclagem de nutrientes, por essa razão as leguminosas vêm sendo mais utilizadas como adubos verdes (Rosolem et al., 2003).

A vantagem da utilização de plantas de cobertura da família das leguminosas está no seu potencial de produção de biomassa e na sua capacidade de fornecer nitrogênio para a cultura sucessora (Matheis et al., 2006). Entretanto, essas plantas apresentam baixa relação C/N e podem apresentar elevada taxa de decomposição de

seus resíduos (Teixeira et al, 2009). Já as poáceas destacam-se pela alta produção de biomassa e de resíduos com relação C/N elevada, podendo contribuir para redução na taxa de decomposição e para liberação mais lenta de nutrientes no solo (Silva et al., 2012). O mix dessas plantas é uma alternativa para a diversidade das taxas de decomposição dos sistemas.

## 2.4 Decomposição de palhada

O tempo de permanência dos resíduos vegetais sobre o solo em SPD e a dinâmica de liberação dos nutrientes são requisitos imprescindíveis para o sucesso do SPD, uma vez que depende da capacidade de gerar matéria seca suficiente para manter o solo coberto durante todo o ano (Kliemann et al., 2006). A presença de restos vegetais sobre o solo promove ciclagem de nutrientes com a decomposição dessa cultura na entressafra, além de também constituir de eficiente barreira física para germinação e desenvolvimento de plantas de espécies daninhas e reduzir as perdas de solo (Jakelaitis et al., 2004; Noce et al., 2008). A palha possui reserva de nutrientes, que podem ser disponibilizados de forma rápida ou lenta, dependendo da espécie utilizada, clima, manejo adotado, composição química da palha, tempo de permanência dos resíduos sobre o solo e atividade de macro e microrganismos (Neves et al., 2018).

No Cerrado, o clima é caracterizado por inverno seco, altas temperaturas no decorrer do ano e estação seca prolongada, dificultando a implantação de plantas de cobertura e, principalmente, a permanência da palhada na área de cultivo, sendo esses fatores um dos maiores entraves na manutenção do SPD (Pacheco et al., 2008). Culturas como o milheto, o sorgo forrageiro e os capins do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) em regiões de Cerrado vêm sendo utilizadas do outono à primavera para fornecimento de forragem e, ou, palhada para o SPD (Garcia et al., 2014; Pariz et al., 2011). De acordo com Costa et al. (2015), a palhada de plantas de cobertura, depositada sobre o solo, funciona como reservatório de nutrientes, que são disponibilizados no decorrer do processo de decomposição, mediante ação dos microrganismos presentes no solo. Contudo, a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes varia de acordo com a composição da palhada, principalmente entre fabáceas e poáceas (Carneiro et al., 2008).

Forrageiras tropicais perenes, como os gêneros *Urochloa* e *Panicum*, além de produzir grandes quantidades de matéria seca, também apresentam altas relações C / N e lignina / N total, reduzindo a taxa de decomposição e protegendo a solo contra erosão

e ação da radiação solar por mais tempo (Pariz et al., 2011; Costa et al., 2014). Sob as condições tropicais e subtropicais do Brasil, consorciando milho e gramíneas perenes do gênero *Urochloa* é uma excelente alternativa para estabelecer a *Urochloa* como cultura de cobertura (Pariz et al. 2016, Almeida et al. 2017), aumentando a produção de resíduos quando consorciados, com efeitos positivos nas propriedades físicas do solo e produtividade da soja subsequente (Chioderoli et al., 2010; 2012). Pereira et al. (2016) avaliando consórcios de milho com forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* e diferentes métodos de semeadura observaram que independente dos tipos de forrageiras e semeadura, os consórcios aumentaram a quantidade de resíduo em relação à monocultura do milho.

Vários trabalhos realizados em sistemas de integração lavoura pecuária com o uso de forrageiras têm demonstrado melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, possibilitando a expansão e intensificação de uso das áreas de pastagens e grãos possibilitando a inclusão de espécies com diferentes sistemas radiculares, maior produtividade e qualidade de palha, com diferentes relações C/N, alterando as taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes (Spera et al., 2010; Mendonça et al., 2015; Pereira et al., 2016). Estudos avaliando o tempo de meia vida, tempo em que 50% dos resíduos levam para se decompor, foi observado tempo de meia vida para milho consorciado com *U. ruziziensis* de 115 dias no cerrado baiano (Santos et al., 2014) e em um estudo realizado durante 5 anos com milheto, entre 112 e 151 dias (Torres & Pereira, 2014).

Resultados de Costa et al. (2014) demonstraram que *U. brizantha* cv. Xaraés e *U. ruziziensis* consorciadas com milho apresentaram produtividade acima de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca na entressafra, com manutenção de 15 a 60% dessa quantidade aos 120 dias após o manejo em SPD na região do Cerrado. Assim, validando o potencial de utilização das braquiárias visando a formação de palhada, visto que além da boa produção de massa seca, sua decomposição é mais lenta, mantendo o solo protegido de efeitos climáticos adversos por mais tempo, além de disponibilizarem nutrientes. Os valores de nutrientes acumulados na palhada do consórcio do milho com a *U. brizantha* foi de 87,0; 23,9; 100,8; 15,0; 13,1; 4,7 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S respectivamente, e no consórcio com a *U. ruziziensis* foi de 74,2; 18,6; 83,2; 14,8; 12,1; 4,1 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S respectivamente.

Diniz et al., 2019 objetivando avaliar a taxa de decomposição da *U. ruziziensis* em sistema convencional e SPD com diferentes doses de calcário e gesso agrícola no

Cerrado observou tempo de meia-vida para a *Urochloa ruziziensis* variou de 86 a 98 dias no sistema convencional e de 98 a 172 dias no SPD. Em estudos de decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais em áreas de cultivo de soja em plantio convencional, Torres e Pereira (2014) encontraram valores de tempo de meia-vida ( $T^{1/2}$ ) de 60 dias, e Rossi et al., 2013 encontraram  $T^{1/2}$  de 99 dias no SPD.

A dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes das plantas é governada, fundamentalmente, pelas condições climáticas, com destaque para a precipitação pluvial e temperatura (Santos et al., 2014). Além disso, há grande influência da qualidade de cada material, do tipo de solo, de sua fertilidade e manejo, entre outros (Carvalho et al., 2010; Matos et al., 2011; Marcelo et al., 2012). Para uma ciclagem eficaz, os nutrientes liberados pelos resíduos e a demanda da cultura subsequente deve ser sincronizada (Braz et al., 2004).

## **OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar plantas de cobertura e consórcios de culturas agrícolas com forrageiras e a posterior decomposição dessas palhadas em sistemas integrados de produção.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o rendimento de culturas agrícolas em consórcio com forrageiras em comparação ao cultivo solteiro;
- Avaliar o rendimento de massa seca de plantas de cobertura;
- Avaliar qual espécie forrageira propicia melhores condições para consórcio com as diferentes culturas agrícolas;
- Avaliar a decomposição das diferentes palhadas produzidas em sistemas integrados de produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, R. E. M. de; Favarin, J. L.; OTTO, R.; Pierozan Junior, C.; Oliveira, S. M. de; Tezotto, T.; Lago, B. C. Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn-palisadegrass intercropping system. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 3, p. 352-360, 2017.

Anghinomi, I.; Ferreira, T. L.; Denardin, L. G. O.; Martins, A. P.; Carvalho, P. C. F.; Moraes, A. Agricultura brasileira: dos primórdios aos sistemas integrados de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D.; SILVA, F. D.; ASSMANN, T.S.; CARNEIRO, M.A.C.; CARVALHO, P.C.F.; PAULINO, H.B., Org (s). *Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil*, 1º ed., 2018.

Balbinot JRAA, Moraes A, Veiga M, Pelissari A, Dieckow J. Crop-livestock system: intensified use of agricultural lands. *Cienc Rural*. 39 (6):925-1933, 2009.

Barreto, A. C.; Fernandes, M. F. Recomendação de leguminosas para adubação verde em solos dos tabuleiros costeiros. Aracaju: Embrapa-CPACT, (Comunicado Técnico, 28). 5 p. 2008.

Bianco, S.; Tonhão, M. A. R.; Pitelli, R. A. Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. *Planta Daninha*, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.

Boer, C. A.; Assis, R. L.; Silva, G. P.; Braz, A. J. B. P.; Barroso, A. L. L.; Cargnelutti Filho, A.; Pires, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008.

Borghini, E.; Ceccon, G.; Crusciol, C. A. C. Manejo de espécies forrageiras em consórcio com milho Safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12, 2013, Dourados. Anais...: Estabilidade e Produtividade. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 1-14, 2013.

Borghini, E.; Mobaricci, C.; Pulz, A.L.; Ono, E.O.; Cruciol, C.A.C. Crescimento de *Brachiaria brizantha* em cultivo consorciado com milho em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.29, p.91-98, 2007.

Braz, A. J. B. P.; Silveira, P. M.; Kliemann, H. J.; Zimmermann, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 34, p. 83-7, 2004.

Carneiro, M. A. C.; Cordeiro, M. A. S.; Assis, P. C. R.; Moraes, E. S.; Pereira, H. S.; Paulino, H. B.; Souza, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia*, v. 67, p. 455-462, 2008.

Carvalho, A. M.; Bustamante, M. M. C.; Alcântara, F. A.; Resck, I. S.; Lemos, S. S. Characterization by solid-state CPMAS <sup>13</sup>C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. *Soil Till. Res.*, 102:144- 150, 2009.

Ceccon, G.; Borghi, E.; Crusciol, C. A. C. Modalidade e métodos de implantação do consórcio Milho-Braquiária. In: CECCON, G., Edt Téc (s). *Consórcio Milho-Brachiaria*, 1<sup>o</sup> ed., 2013.

Ceccon, G.; Silva, J. F.; Neto, A. L.; Makino, P. A.; Santos, A. dos. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 13, n. 13, p. 326-335, 2014.

Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Herbes, M.G.; Poletto, N. & Silveira, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 32:49-54, 2002.

Chioderoli, C. A.; Mello, L. M. M.; Grigolli, P. J.; Furlani, C. E. A.; Silva, J. O. R.; Cesarin, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

Chioderoli, C. A.; Mello, L. M. M.; Grigolli, P. J.; Silva, J. O. R.; Cesarin, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. *Eng Agríc*, v. 30, p. 1101-1109, 2010.

Costa, N. R.; Andreotti, M.; Buzetti, S.; Lopes, K. S. M.; Santos, F. G.; Pariz, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.38, p. 1223-33, 2014.

Costa, N. R.; Andreotti, M.; Ulian, N. A.; Costa, B. S.; Pariz, C. M.; Cavasano, F. A.; Teixeira Filho, M. C. M. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, p. 8-16, 2015.

Costa, C. H. M.; Crusciol, C. A. C.; Soratto, R. P.; Ferrari Neto, J. Phytomass decomposition and nutrients release from pearl millet, guinea grass and palisade grass, *Bioscience Journal* v. 32, n. 5, p. 1191-1203, 2016.

Costa, R. R. G. F.; Costa, K. A. P.; Santos, C. B.; Severiano, C. E.; Epifanio, P. S.; Silva, J. T. da; Teixeira, D. A. A.; Silva, V. R. da. Production and nutritional characteristics of pearl millet and *Paiaguas palisadegrass* under different forage systems and sowing periods in the off-season. *African Journal of Agricultural Research*, Ebène, v. 11, n. 19, p. 1712-1723, 2016.

Crusciol, C. A. C.; Mateus, G. P.; Nascente, A. S.; Martins, P. O.; Borghi, E.; Pariz, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. *Agronomy Journal*, Madison, v. 104, p. 1085-1095, 2012.

Crusciol, C. A. C.; Nascente, A. S.; Borghi, E.; Soratto, R. P.; Martins, P. O., Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisade grass cover crops. *Agronomy Journal*, v. 107, p. 2271-2280, 2015.

Cruz, J. C.; Alvarenga, R. C.; Viana, J. H. M.; Pereira Filho, I. A.; Albuquerque Filho, M. R.; Santana, D. P. Sistema de Plantio Direto de Milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2011. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_59200523355.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html). Acesso em: 07 jan. 2020.

Diniz, J. F.; Oliveira, J. T.; Borges, M. C. R. Z.; Nogueira, K. B.; Roque, C. G. Decomposição da palhada de *Urochloa ruziziensis* em diferentes sistemas de semeadura e correção do solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 27, n. 4, p. 370-380, 2019.

Fabian, A.J. Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2009, 118p.

Fiorentin, C. F.; Lemos, L. B.; Jardim, C. A.; Fornasieri Filho, F. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2825-2836, 2015.

Garcia, C. M. P.; Andreotti, M.; Filho, M. C. M. T.; Lopes, K. S. M.; Buzetti, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. *Bragantia*, Campinas, v. 73, n. 2, p.143-152, 2014.

Garcia, C.M.de P.; Andreotti, M; Tarsitano, M.A.A.; Filho, M.C.M.T.; Lima, A.E. da 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, 2012.

Guarnieri, A.; Costa, K. A. P.; Severiano, E. C.; Silva, A. G.; Oliveira, S. S.; Santos, C. B. Características agrônômicas e produtivas do milho e capim paiaguás em sistemas integrados de produção. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 3, p. 1185-1198, 2019.

Horvathy Neto, A.; Silva, A. G.; Teixeira, I. R.; Costa, K. A. P.; Assis R. L. Consórcio de sorgo granífero e braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. *Caatinga*, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 132-141, 2014.

Jakelaitis, A.; Silva, A. A.; Ferreira, L. R.; Silva, A. F.; Freitas, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

Kliemann, H. J.; Braz, A. J. P. B.; Silveira, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

Kondo, M.K.; Albuquerque, C.J.B.; Wendling, B.; Silva, P.B.; Cardoso, M.M. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agrônômicas do sorgo granífero. *Bioscience Journal*, v.28, p.33-40, 2012.

Lal, R.. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, v.123, p. 1-22. 2004.

Leite, L.F.C.; Freitas, R. de C.A.; Sagrilo, S.; Galvão, S.R. da S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no cerrado Maranhense. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.29-35, 2010.

Machado, L. A. Z; Cecato, U.; Jank, L.; Verzignassi, J.R.; Valle C.B.DO. Identificação e Características de Forrageiras Perenes para Consórcio com Milho. In *Consortio Milho brachiaria*. Brasília, DF Embrapa, 175 p. 2013.

Marcelo, A. V.; Corá, J. E.; Fernandes, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II. Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 36, p. 1568-1582, 2012.

Mateus, G.P., Crusciol, C.A.C., Pariz, C.M., Borghi, E., Costa, C., Martello, J.M., Franzluebbbers, A.J., Castilhos, A.M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. *Agronomy Journal*, v. 108, p. 433-447, 2016.

Mateus, G.P., C.A.C. Crusciol, E. Borghi, C.M. Pariz, C. Costa, and J.P.F. Silveira. Nitrogen fertilization on sorghum intercropped with grass in a no-tillage system. (In Portuguese, with English abstract.) *Pesqui. Agropecu. Bras.* 46:1161–1169, 2011.

Matheis, H.A.S.M.; Azevedo, F.A. de; Victória Filho, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. *Laranja*, v.27, p.101-110, 2006.

Matos, E. S.; Mendonça, E. S.; Cardoso, I. M.; Lima, P. C.; Freese, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 35, p. 141-149, 2011.

Mello, L. M. M.; Yano, E. H.; Narimatsu, K. C. P.; Takahashi, C. M.; Borghi, E. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 24, n. 1, p.121-129, 2004.

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*. Viçosa, MG, v. 39, p. 183-193, 2015.

Neves, R. C.; Vilar, C. C.; Ushiwata, S. Y.; Costa, A. C.; Hartwig, C. F. V.; Chaves, J. S. Persistência de palhada de *Urochloa ruziziensis* em sistema de plantio direto e convencional no município de Nova Xavantina – MT. *Gl. Sci Technol*, v.11, n.03, p.110-122, 2018.

Noce, M. A.; Souza, I. F. de; Karam, D.; França, C.; Maciel, G. M.; Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das

plantas daninhas. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, v. 7, n. 3, p. 265-278, 2008.

Nolla, A.; Jucksh, I.; Castaldo, J. H.; Alvarenga, R. C.; Costa, L. M.; Damy, C. R. S.; Neto, L. V. M. Soil coverage, phytomass production and, nutriente accumulation in maize and legumes intercropping system. Australian Journal of Crop Science, v. 13, p. 328-334, 2019.

Oliveira, F. H. T.; Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Cantarutti, R. B.; Barros, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: Alvarez V., V. H.; Schaefer, C. E. G. R.; Barros, N. F.; Mello, J. W. V. & Costa, L. M. (Eds). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 393-486.

Pacheco, L.P.; Pires, F.R.; Monteiro, F.P.; Procopio, S.O.; Assis, R.L.; Carmo, M.L.; Petter, F.A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.815-823, 2008.

Pariz, C. M.; Costa, C.; Crusciol, C. A. C.; Meirelles, P. R. L.; Castilhos, A. M.; Andreotti, M.; Costa, N. R.; Martello, J. M.; Souza, D. M.; Sarto, J. R. W.; Franzluebbbers, A. J. Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. Agronomy Journal, v. 108, n. 6, p. 2541-2553, 2016.

Pariz, C.M.; Azenha, M.V.; Andreotti, M.; Araújo, F.C.M.; Ulian, N.A. & Bergamaschine, A.F. Produção e composição bromatológica de forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes épocas de semeadura. Pesq. Agropec. Bras., 46:1392-1400, 2011.

Pereira, R. G.; Albuquerque, A. W.; Souza, R. O.; Silva, A. D.; Santos, J. P. A.; Barros, E. S.; Medeiros, P. V. Q. Sistemas de manejo do solo: soja [glycine max (L.)] consorciada com *Brachiaria decumbens*. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, p. 44-51, 2011.

Pereira, F. C. B. L., Mello, L. M. M., Pariz, C. M., Mendonça, V. Z., Yano, E. H., Miranda, E. E. V., Crusciol, C. A. C. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutriente cycling, subseqüente soybean and soil quality. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.40: 1-20, 2016.

Pereira, F. C. B. L.; Mendonça, V. Z.; Mello, L. M. M.; Holanda, H. V.; Yano, E. H. Consorciação de forrageiras com milho outonal em plantio direto: produção de grãos e palha. Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.24, n.1, p.17-26, 2015.

Pires, F. R.; Assis, R. L.; Procópio, S. O.; Silva, G. P.; Moraes, L. L.; Rudovalho, M. C.; Bôer, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. Revista Ceres, v. 55, n. 2, 2015.

Rezende, A. V.; Coelho, A. M.; Santos, F. C.; Assis, R. L. Cultivo do milheto. Embrapa milho e sorgo, Sistema de produção, 3 ISSN 1679-012X, 2016.

Ribeiro, M. G.; Costa, K. A. P.; Silva, A. G.; Severiano, E. C.; Simon, G. A.; Cruvinel, W. S.; Silva, V. R.; Silva, J. T. Grain sorghum intercropping with *Brachiaria brizantha* cultivars in two sowing systems as a double crop. African Journal of Agricultural Research, Lagos, v. 10, n. 39, p. 3759-3766, 2015.

Rosolem, C. A.; Calonego, J. C.; Foloni, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

Rossi, C. Q.; Pereira, M. G.; Giácomo, S. G.; Betta, M.; Polidoro, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. *Semina: Ciências Agrárias*, v.34, p.1523- 1534, 2013.

Rossi, C. Q.; Pereira, M. G.; Giácomo, S. G.; Betta, M.; Polidoro, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. *Revista Ciências Agrônômicas*, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.

Ryschawy J, Choisis N, Joannon A, Gibon A. Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? *Animal*. 6 (10):1722-1730, 2012.

Sanderson MA, Archer D, Herndrickson J, Kronberg S, Liebig M, Nichols C, Schmer M, Tanaka D, Aguilar J. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. *Renew. Agr Food Syst*. 28 (2):129-144, 2013.

Salton, J. C.; Mercante, F. M.; Tomazi, M.; Retore, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 190, p. 70-79, 2014.

Santos, C. B.; Costa, K. A. P.; Oliveira, I. P. de; Severiano, E. C.; Costa, R. R. G. F.; Silva, A. G. da; Guarnieri, A.; Silva, J. T. da. Production and nutritional characteristics of sunflowers and *Paiaguas palisadegrass* under different forage systems in the off season. *Bioscience Journal*, v. 32, n. 2, p. 460-470, 2016.

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 Ciências do Solo*, v. 38, p. 1855-1861, 2014.

Santos, G. G.; Silveira, P. M.; Marchão, R. L.; Becquer, T.; Balbino, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 1, p.115-122, 2008.

Sani, B.M., N.M. Danmowa, Y.A. Sani, and M.M. Jaliya. Growth, yield and water use efficiency of maize–sorghum intercrop at Samaru, northern Guinea savannah, Nigeria. *Niger. J. Basic Appl. Sci*. 19:253–259, 2011.

Seidel, E. P.; Gerhardt, I. F. S.; Castagnara, D. D.; Neres, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014.

Silva, A. G.; Horvathy Neto, A.; Teixeira, I. R.; Costa, K. A. P.; Braccini, A. L. Seleção de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produção de grãos e palhada. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2951-2964, 2015.

Silva, A. G.; Moraes, L. E.; Horvathy Neto, A.; Teixeira, I. R.; Simon, G. A. Consórcio sorgo e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 697-705, 2014.

Silva, J.A.N.; Souza, C.M.A.; Silva, C.J.; Bottega, S.P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.769-775, 2012.

Silva, A. G.; Barros, A. S.; Silva, L. H. C. P.; Moraes, E. B.; Pires, R.; Teixeira, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168-174, 2009.

Soratto, R. P.; Crusciol, C. A. C.; Costa, C. H. M.; Neto, J. F.; Castro, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n.10, p.1462-1470, 2012.

Spera, S. T.; Santos, H. P.; Fontaneli, R. S.; Tomm, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010.

Surve, V.H., and M.K. Arvadia. Performance of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L.), maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) under sole and intercropping systems. *Int. J. Agric.: Res. Rev.* 2:28–31, 2011.

Teixeira, M. B.; Loss, A.; Pereira, M. G.; Pimentel, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

Teixeira, C.M.; Carvalho, G.J.; Andrade, M.J.B.; Silva, C.A.; Pereira, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, p.647-653, 2009.

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*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 635-643, 2011.

Torres, J. L. R.; Pereira, M. G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num latossolo no cerrado mineiro. *Comunicata Scientiae* 5(4): 419-426, 2014.

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

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*, Viçosa, v. 4, n. 29, p. 609-618, 2005.

Vilela, L.; Martha Junior, G. B.; Macedo, M. C. M.; Marchão, R. L.; Guimarães Júnior, R.; Pulrolnik, K.; Maciel, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138. 2012.

Wright IA, Tarawal S, Blümmel M, Gerard B, Teufel N, Herrero M. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *J Sci Food Agric*. 92 (5):1010-1015, 2012.

Wutke, E.B.; Calegari, A.; Wildner, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.59-168.

## CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Agricultural Systems).

### Alternativas de sistemas de produção agrícola para a segunda safra no Cerrado brasileiro

Resumo – O sistema de produção integrado de produção é uma estratégia que consiste na diversificação e integração de diferentes sistemas produtivos agrícolas em uma mesma área, considerado como alternativa promissora por promover a diversificação e a rotação de culturas. O intuito deste estudo foi avaliar o rendimento de grãos de milho e sorgo em consórcio com cultivares de *Urochloa* observando se a presença das forrageiras na mesma área interfere na produção de grãos fornecendo alternativas de sistemas produtivos para o Cerrado Brasileiro. O estudo foi conduzido durante os anos agrícolas de 2018 e 2019 nos municípios de Rio Verde – GO e Montividiu – GO. Os tratamentos avaliados foram: 1) Milho em monocultivo; 2) Milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*; 3) Sorgo consorciado com *U. ruziziensis*; 4) Sorgo em monocultivo; 5) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; 6) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, em faixas distribuídas aleatoriamente na área. Foi avaliado o rendimento de grãos das culturas agrícolas. Quando algum efeito foi considerado significativo ( $p < 0,05$ ), as médias foram obtidas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico R. O consórcio de sorgo com *U. ruziziensis* não afetou o rendimento de grãos da cultura quando realizado o plantio tardio mostrando um tipo de consórcio eficiente para ambos locais. O consórcio de milho com *U. ruziziensis* se destacou em Rio Verde-GO e o consórcio de milho com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás se destacou em Montividiu-GO, sendo opções de consorciação para plantio tardio O plantio tardio dos consórcios associado com a menor população de plantas da cultura agrícola pode ter favorecido as forrageiras na competição, principalmente no caso do milho. Dessa forma, é recomendado o plantio desses consórcios durante as condições de plantio mais favoráveis, para que assim a cultura agrícola consiga se sobressair na competição e não ter influência no rendimento de grãos.

**Termos para indexação:** Sistema Agropastoril, Associação de culturas, Produtividade, Sistemas integrados de produção agropecuária, plantas de cobertura.

## **Alternatives of agricultural production systems for the second crop in the Brazilian Cerrado**

**Abstract** – The integrated production system of production is a strategy that consists of the diversification and integration of different agricultural production systems in the same area, considered as a promising alternative for promoting diversification and crop rotation. The aim of this study was to evaluate corn and sorghum grains yield in consortium with cultivars from *Urochloa*, observing if the presence of forages in the same area interferes in the production of grains providing alternative production systems for the Brazilian Cerrado. The study was carried out during the agricultural years of 2018 and 2019 in the municipalities of Rio Verde - GO and Montividiu - GO. The evaluated treatments were: 1) Corn in monoculture; 2) Corn intercropped with *Urochloa ruziziensis*; 3) Sorghum intercropped with *U. ruziziensis*; 4) Sorghum in monoculture; 5) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. Marandu; 6) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, in bands randomly distributed in the area. The grain yield of agricultural crops was evaluated. When any effect was considered significant ( $p < 0.05$ ), the averages were obtained by the method of least squares and compared by the Tukey test, at 5% probability, using the statistical software R. The sorghum consortium with *U. ruziziensis* did not affect the grain yield of crop when late planting was used showing to be an efficient intercropping for both sites. The corn consortium with *U. ruziziensis* stood out in Rio Verde-GO and the corn consortium with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás stood out in Montividiu-GO, being intercropping options for late planting. The late planting of consortia associated with a smaller population of agricultural crop plants may have favored forage in the competition, especially in the corn. Thus, it is recommended to plant these consortia during the most favorable planting conditions, so that the agricultural culture can stand out in the competition and not have an influence on grain yield.

**Index terms:** Agropastoral System, Crop Association, Productivity, Integrated Agricultural Production Systems, Cover crops.

## **Introdução**

A qualidade do solo no Sistema Plantio Direto (SPD) e a estabilidade de produção das culturas são influenciadas pelo aporte de biomassa no sistema (Balbinot Junior et al., 2017). A sucessão soja-milho, prática adotada pela maioria dos produtores no cerrado goiano, não aporta quantidade suficiente de biomassa no solo e a variabilidade nos regimes de chuva cada vez mais frequente impossibilita as culturas comerciais a ter uma produção satisfatória. Como alternativa se tem o sistema integrado

de produção agropecuária (SIPA). Os SIPA estão em 11,5 milhões de hectares de áreas no Brasil e com compromisso pelo governo brasileiro, por meio do Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), de incremento de mais 4 milhões de hectares até 2020 (Embrapa, 2016). Entre 2010 e 2015 estas áreas com SIPA sequestraram 21,8 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq (Embrapa, 2016) sendo assim um sistema produtivo potencial visando a redução na emissão de gases de efeito estufa. Os SIPA consistem na diversificação e integração de diferentes sistemas produtivos agrícolas em uma mesma área, considerado como uma alternativa promissora por promover a diversificação e a rotação de culturas, beneficiando a recuperação do solo (Silva et al., 2014). No consórcio entre culturas o conhecimento do comportamento das espécies na competição por recursos de produção torna-se de grande importância para o êxito da produtividade satisfatória da cultura de grãos e da formação da forrageira, evitando que a competição existente entre as espécies inviabilize o cultivo consorciado (Kluthcouski et al., 2015).

Para o sucesso do consórcio de culturas na competição entre plantas a vantagem deve ser garantida a planta produtora de grãos, uma estratégia para fazer isso é manter as espécies forrageiras sob sombreamento durante o ciclo de produção dos grãos (Almeida et al., 2017). As interações e sinergismo entre as plantas consorciadas são simultâneos e para o sucesso do sistema as interações interespecíficas devem promover o crescimento, absorção e rendimento de grãos da cultura principal enquanto, ao mesmo tempo, reduzir estes parâmetros na cultura secundária durante o ciclo do consórcio (Zhang e Li, 2003).

A formação de pastagens em associação a uma cultura anual é uma técnica viável, pois o estabelecimento da forrageira pode ser beneficiado pelo preparo de solo e pela adubação, necessários para o bom desenvolvimento da cultura anual. Entretanto o sucesso dessa tecnologia depende ainda de outros fatores que interferem no consórcio, como a compatibilidade entre as espécies, a fertilidade do solo, o método de semeadura, a disposição das plantas, a época e a forma de estabelecimento da forrageira e os níveis de adubação (Fancelli & Tsumanuma, 2009).

Geralmente, a maioria dos resultados de pesquisas, independentemente do tipo de consórcio e região do país, têm demonstrado efeitos positivos dos consórcios em SIPA sobre a produtividade de culturas graníferas e palhada em quantidade suficiente para cobertura do solo, garantindo a manutenção e perenidade do SPD de forma sustentável (Souza et al., 2018). O consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* se destaca como o principal sistema de produção de palha e grãos na safrinha (Ceccon,

2013). Destaca-se que os sistemas radiculares de espécies forrageiras exploram maior volume de solo e reciclam mais eficientemente os nutrientes, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Pariz et al., 2017).

Makino et al., 2019 avaliando a produção de grãos de milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás observou que os sistemas de cultivo não influenciaram os componentes de produção avaliados no milho, demonstrando que a competição entre plantas de braquiária e milho no sistema consorciado não foi capaz de comprometer a produtividade da cultura. O consórcio de culturas com forrageiras é uma alternativa de SIPA, pois além de beneficiar na prática o sistema de plantio direto formando palhada propicia para a produção de grãos equiparados ao monocultivos. Nesse contexto, o intuito deste estudo foi avaliar o rendimento de grãos de milho e sorgo em consórcio com cultivares de *Urochloa* observando se a presença das forrageiras na mesma área interfere na produção de grãos fornecendo alternativas de sistemas produtivos de 2ª safra.

## Material e Métodos

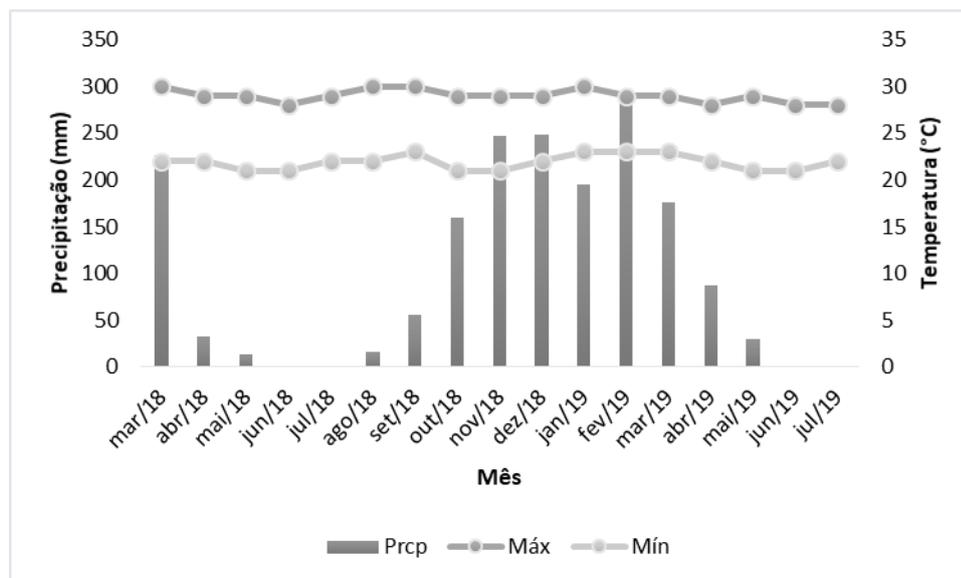
### a) Descrição da área experimental

O estudo foi conduzido durante os anos agrícolas de 2018 e 2019 em dois locais sendo um localizado no município de Rio Verde, GO (17° 47' 53" latitude e 50° 55' 41" longitude, altitude de 715 m), em área experimental do GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano) e o outro local na fazenda Boa Esperança no município de Montividiu, GO (17° 26' 39" latitude e 51° 10' 29" longitude, altitude de 821 m).

Com relação às características físicas do solo tem-se: 52,0% de areia, 40,5% de argila e 7,5% de silte na estação experimental do GAPES com os seguintes resultados das propriedades químicas do solo: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5; matéria orgânica (MO) 18,7 g dm<sup>-3</sup>; P (mel) 3,2 mg dm<sup>-3</sup>; H + Al, K, Ca, Mg: 3,6; 0,11; 1,41 e 0,54 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação por base 36%. Na Fazenda Boa Esperança 75,5% de areia, 19,5% de argila e 5 % de silte e os seguintes resultados das propriedades químicas do solo: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,4; matéria orgânica (MO) 15,8 g dm<sup>-3</sup>; P (mel) 22,4 mg dm<sup>-3</sup>; H + Al, K, Ca, Mg: 2,7; 0,09; 1,31 e 0,85 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação por base 54%. Adotando os critérios propostos por Köppen (1931), o clima é classificado como savana tropical com invernos secos e verões chuvosos (Aw) com média de precipitação anual superior a 1.600 mm (Figura 1 e Figura 2).

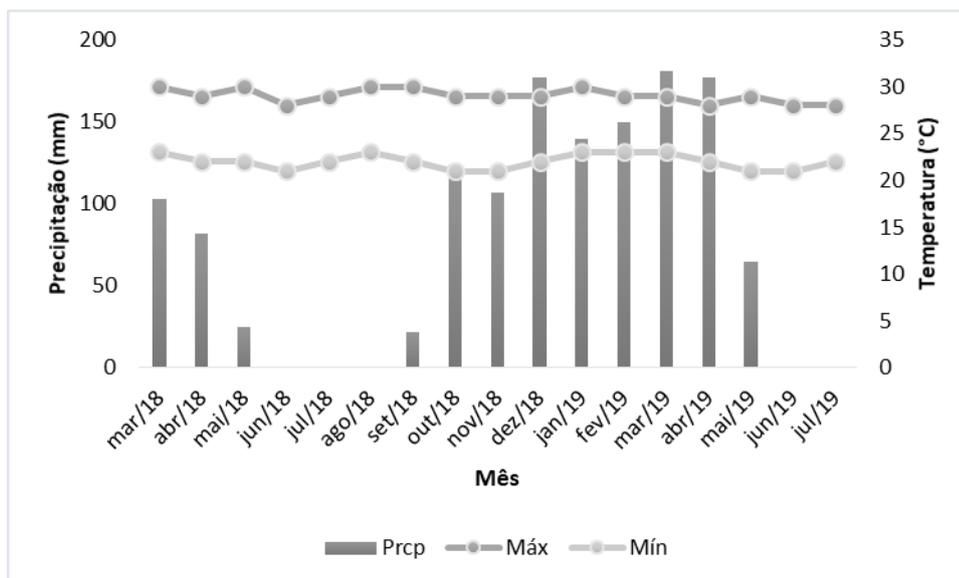
## b) Tratamentos avaliados

As faixas de 30x50 m (1500 m<sup>2</sup>) foram alocadas de maneira aleatória dentro da área, uma faixa por tratamento. Os tratamentos avaliados foram: 1) Milho em monocultivo; 2) Milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*; 3) Sorgo consorciado com *U. ruziziensis*; 4) Sorgo em monocultivo; 5) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; 6) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás;



**Figura 1.** Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluvial (durante o período do experimento em campo nos dois anos 2018 e 2019), extraídos da Estação Meteorológica da área experimental do Gapes (Grupo Associado de Produtores do Sudoeste Goiano), localizada no município de Rio Verde – GO.

Os plantios foram realizados nos dias 22/02/18 e 08/03/2019 na Fazenda Boa Esperança e dia 13/03/2018 e 09/03/2019 na área experimental do GAPES. O plantio do milho e o do sorgo em monocultivo foi realizado por uma semeadora, e utilizou-se a população de 50.000 plantas por hectare para o milho e para o sorgo 130.000 plantas por hectare.



**Figura 2.** Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluvial (durante o período do experimento em campo nos dois anos 2018 e 2019), extraídos da Estação Meteorológica da fazenda Boa Esperança, localizada no município de Montividiu – GO.

Nos tratamentos com consórcios, foi acoplada uma semeadora a lanço na parte dianteira do trator e as operações foram realizadas simultaneamente com a cultura agrícola semeada com semeadora de linhas na parte traseira. Manteve-se a população de plantas para as culturas agrícolas e adotado 400 pontos de valor cultural de sementes para as forrageiras. Com relação ao mix foi adotada a taxa de semeadura de 400 pontos de valor cultural por hectare para *U. ruziziensis*, 10 kg de sementes de milho por hectare e 10 kg de sementes de *Crotalaria spectabilis* por hectare.

A adubação de plantio foi planejada conforme as características de solo sendo em Rio Verde-GO 75 kg ha<sup>-1</sup> de ureia 21 dias após o plantio das culturas e em Montividiu-GO 250 kg ha<sup>-1</sup> de NK (nitrogênio e potássio), formulação 00-36-12 26 dias após o plantio das culturas. O manejo de pragas e doenças foi realizado conforme a necessidade das diferentes culturas no decorrer do seu desenvolvimento.

Em Rio Verde-GO ocorreram dois manejos de herbicidas e dois manejos de inseticidas, sendo:

- Primeiro manejo de herbicida (1 dia após o plantio): 2 L ha<sup>-1</sup> de Gramoxone em todos os tratamentos.
- Segundo manejo de herbicida e primeiro manejo de inseticida (22 dias após o plantio): 2 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina e 0,15 kg ha<sup>-1</sup> de Ampligo® + 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Match® em todos os tratamentos.

- Segundo manejo de inseticida (28 dias após o plantio): 0,20 mL ha<sup>-1</sup> de Benzoato + 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Match® em todos os tratamentos.

Em Montividiu-GO foram realizados dois manejos para herbicidas e para inseticidas, sendo:

- Primeiro manejo de herbicida e inseticida (23 dias após o plantio): 0,2 kg ha<sup>-1</sup> de Soberan® + 3 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina no tratamento de milho monocultivo e nos demais 3 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina e 0,15 kg ha<sup>-1</sup> de Benzoato + 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de Intrepid® em todos os tratamentos.
- Segundo manejo de herbicida e inseticida (22 dias após o plantio): 1,5 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina + 0,25 kg ha<sup>-1</sup> de Callisto® e 0,17 mL ha<sup>-1</sup> de Benzoato + 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de Intrepid em todos os tratamentos.

#### c) Avaliações realizadas

A colheita foi realizada no mês de julho nos dois anos (2018 e 2019) e foram realizadas as seguintes avaliações nas culturas: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e massa de mil grãos (g). Foram amostrados 12 pontos aleatórios compostos por 2 linhas de 3 metros de comprimento em cada ponto para compor a média de cada uma das variáveis. As amostras foram pesadas para obtenção do peso total, depois foram contados mil grãos da amostra manualmente, pesados e realizada a medição de umidade das amostras.

A estimativa da participação de cada cultura agrícola no rendimento combinado em consórcio foi efetuada pelo índice de equivalência de área (IEA). Este índice é definido como a área relativa da terra em condições de plantio isolado, que é requerida para proporcionar os rendimentos alcançados no consórcio. É um indicador mais utilizado para avaliação de sistemas policulturais (WILLEY, 1979). A fórmula utilizada para o cálculo do IEA é a sugerida por Willey (1979):

$$IEA = \sum \frac{Y_i}{Y_{ii}}$$

Em que,

Y<sub>i</sub> é o rendimento da cultura em consórcio, kg ha<sup>-1</sup>

Y<sub>ii</sub> é o rendimento da cultura em monocultivo, kg ha<sup>-1</sup>

#### d) Análise dos dados

Os dados foram avaliados com relação à presença de outliers e posteriormente quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância. Posteriormente, os

dados de peso de mil grãos (g), produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e IEA foram submetidos a análise de variância considerando os efeitos de tratamento, local e ano, bem como todas as interações entre os efeitos. Quando algum efeito foi considerado significativo ( $p < 0,05$ ), as médias foram obtidas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico R com os pacotes “car”, “emmeans”, “multcomp” e “dplyr”.

## Resultados

O consórcio entre sorgo e capim não interferiu na produtividade de grãos na fazenda Boa Esperança (Tabela 1), houve efeito significativo do ano ( $p = 0,02334$ ) e não ocorreu interação tratamento\*ano. Não foi observada diferença significativa para o rendimento, para a massa de mil grãos e para o índice de equivalência de área (IEA) entre os tratamentos dentro de cada ano. Houve diferença significativa no rendimento ( $p = 7,171e^{-05}$ ) e na massa de mil grãos ( $p = 4,824e^{-10}$ ) entre os anos com maiores valores para o segundo ano. O IEA foi maior para o consórcio de sorgo com *U. ruziziensis* no primeiro ano e menor no segundo.

**Tabela 1.** Rendimento de grãos (RG), massa de 1000 grãos (M1000G) (média ± erro padrão da média) e índice de equivalência de área (IEA) de sorgo em monocultivo comparado com sorgo consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras do gênero *Urochloa*. Fazenda Boa Esperança, Montividiu, GO, 2ª safra agrícola 2018 e 2019.

Tratamentos	Ano	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	M1000G (g)	IEA (%)
Sorgo monocultivo	1	2749±168 a	17,2±0,895 b	1,00
Sorgo consorciado com <i>U. ruziziensis</i>	1	2465±176 a	17,1±0,934 b	1,51
Sorgo monocultivo	2	2059±176 b	29,0±0,934 a	1,00
Sorgo consorciado com <i>U. ruziziensis</i>	2	1588±336 b	31,5±1,789 a	0,85

Rendimento de grãos (RG). Valores seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Para o rendimento do sorgo e massa de mil grãos em Rio Verde-GO, não houve efeito significativo entre os tratamentos (Tabela 2), mais houve diferença ( $p = 0,02334$ ) entre os anos, e o segundo ano se sobressaiu, não ocorrendo interação tratamento\*local. O índice de IEA foi maior para o consórcio de sorgo com *U. ruziziensis* no primeiro ano e menor no segundo ficando abaixo de 1.

**Tabela 2.** Rendimento de grãos (RG), massa de 1000 grãos (M1000G) (média  $\pm$  erro padrão da média) e índice de equivalência de área (IEA) de sorgo em monocultivo comparado com sorgo consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras do gênero *Urochloa*. Área experimental do GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano), Rio Verde, GO, 2ª safra agrícola 2018 e 2019.

Tratamentos	Ano	RG kg ha <sup>-1</sup>	P1000G g	IEA %
Sorgo monocultivo	1	4341 $\pm$ 176 a	24,5 $\pm$ 0,934 b	1,00
Sorgo consorciado com <i>U. ruziziensis</i>	1	4064 $\pm$ 168 a	23,9 $\pm$ 0,895 b	1,06
Sorgo monocultivo	2	6098 $\pm$ 168 b	44,4 $\pm$ 0,895 a	1,00
Sorgo consorciado com <i>U. ruziziensis</i>	2	5067 $\pm$ 168 b	42,7 $\pm$ 0,895 a	0,87

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O rendimento de milho, na Boa Esperança (Tabela 3) foi significativo com interação entre tratamento\*ano (p=0,055943), em que se destacaram os tratamentos do milho em monocultivo e os consórcios com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás e *U. brizantha* cv. Marandu. Todos os tratamentos tiveram valores maiores que 1, que foi atribuído ao milho monocultivo, para o IEA sendo o maior valor o do tratamento de milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás (Tabela 3). Já a massa de mil grãos o único tratamento que diferiu dos demais foi o milho consorciado com *U. ruziziensis* sendo o de menor valor.

Em Rio Verde-GO também houve a interação tratamento\*ano (p=0,055943) e o milho em monocultivo e consorciado com *U. ruziziensis* (Tabela 4) se destacaram entre os tratamentos, sendo o mesmo comportamento observado para o IEA. O melhor tratamento para massa de mil grãos foi o milho monocultivo. Na figura 3 estão representados os intervalos de confiança dos tratamentos nos dois locais de avaliação. De acordo com estes resultados, percebe-se destaque para os consórcios com *U. brizantha* em Montividiu-GO e destaque para o milho em monocultivo em Rio Verde-GO.

**Tabela 3.** Massa de mil grãos (M1000G), rendimento de grãos (RG) (média  $\pm$  erro padrão da média) e índice de equivalência de área (IEA) de milho em monocultivo comparado com milho consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras

do gênero *Urochloa*. Fazenda Boa Esperança (19,5 % de argila), Montividiu, GO, 2ª safra agrícola 2018 e 2019.

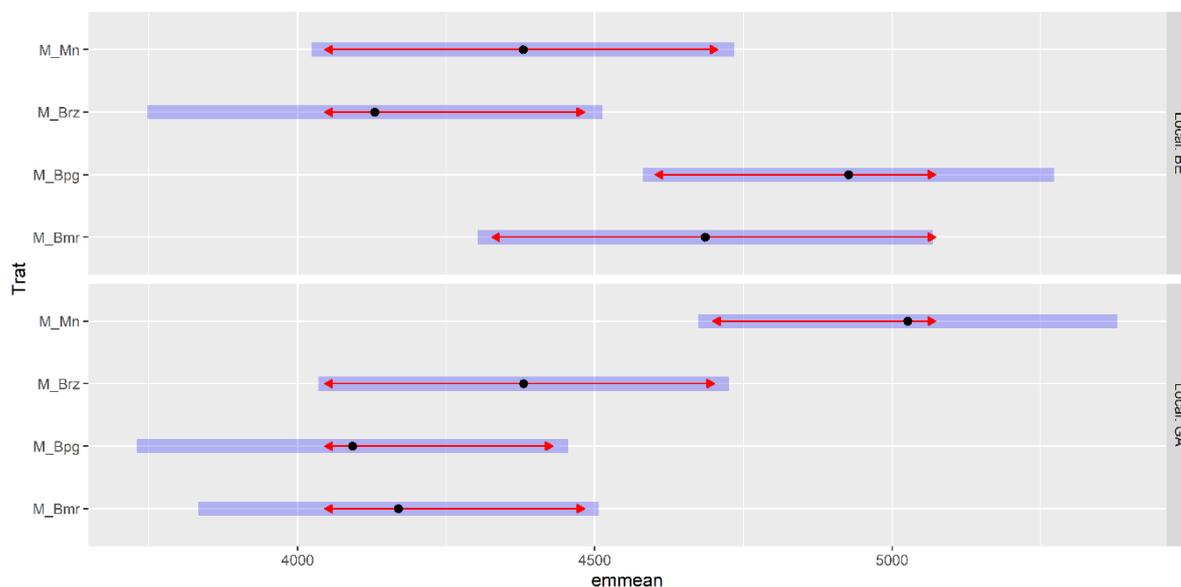
Tratamentos	RG	M1000G	IEA
	kg ha <sup>-1</sup>	g	%
Milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Paiaguás	4927±175 a	235±4,26 a	1,28
Milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	4686±194 ab	244±4,72 a	1,18
Milho monocultivo	4379±180 ab	236±4,39 a	1,00
Milho consorciado com <i>U. ruziziensis</i>	4130±194 b	208±4,72 b	1,11

Valores seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (P <0,05).

**Tabela 4.** Rendimento de grãos (RG), massa de 1000 grãos (M1000G) (média ± erro padrão da média) e índice de equivalência de área (IEA) de milho em monocultivo comparado com milho consorciado em sistemas integrados de produção com forrageiras do gênero *Urochloa*. Área experimental do GAPES (40,5% de argila), Rio Verde, GO, 2ª safra agrícola 2018 e 2019.

Tratamentos	RG	M1000G	IEA
	kg ha <sup>-1</sup>	g	%
Milho monocultivo	5027±178 a	254±4,35 a	1,00
Milho consorciado com <i>U. ruziziensis</i>	4380±175 ab	231±4,26 b	0,92
Milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Paiaguás	4093±184 b	228±4,48 b	0,86
Milho consorciado com <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	4170±170 b	241±4,16 ab	0,93

Valores seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (P <0,05).



**Figura 3.** Resultado de rendimento de grãos de milho em dois anos agrícolas (2ª safra 2018 e 2019) em dois locais diferentes (GA: Rio Verde – GO e BE: Montividiu – GO). O ponto preto representa a média estimada pelo método de quadrados mínimos já as setas vermelhas indicam a comparação de médias (o grau que as setas se sobrepõem reflete a significância da comparação entre as duas estimativas) e a região em azul indica o intervalo de confiança da média. M\_Mn: milho monocultivo; M\_Brz: milho consorciado com *U. ruziziensis*; M\_Bpg: milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiáguas; M\_Bmr: milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu. BE: Boa Esperança (Montividiu-GO); GA: Gapes (Rio Verde-GO).

## Discussões

O consórcio de *U. ruziziensis* com sorgo nos dois locais de avaliação não influenciou no rendimento e massa de mil grãos (Tabela 1 e Tabela 2), observou-se diferença em todas as variáveis avaliadas de um ano para o outro, isso pode ser resultado de condições climáticas mais favoráveis como precipitação pluvial e temperatura e a diferença na data de plantio dos dois anos. Em Montividiu a diferença de dias entre os plantios de 2018 para 2019 foi de 15 dias, já em Rio Verde-GO a diferença foi de 4 dias. Essa diferença representa grande interferência no desenvolvimento do consórcio, pois quanto mais tardio o plantio a competitividade da cultura agrícola diminui frente às forrageiras em consórcio

Resultados semelhantes foram encontrados por Crusciol et al. (2011) e Mateus et al. (2016). Essa diferença entre os dias de plantio pode ter sido Segundo Borghi et al. (2012), a competição entre espécies, como em sistemas de consórcios, pode promover panículas menores e grãos mais leves nas plantas, o que não foi observado para a cultura do sorgo neste estudo. A proximidade dos valores entre consórcio e monocultivo mostra que neste caso o consórcio foi eficiente e a cultura secundária, *U. ruziziensis*, não impôs competição a ponto de afetar a produção da cultura principal, corroborando com Silva et al. (2014) e Ribeiro et al. (2015).

A diferença de localização entre os estudos observados pode ter afetado a produção, e no estudo realizado em Rio Verde-GO foi possível observar maior produção nos dois anos, por estar sujeito a condições climáticas mais favoráveis. No ano de 2018, no dia do plantio dos tratamentos em Rio Verde-GO havia umidade no solo suficiente para a germinação das sementes de sorgo que foram semeadas em linha,

já a *U. ruziziensis* foi semeada a lanço, era necessário que houvesse uma precipitação para incorporar no solo e assim ocorrer a germinação. Essa precipitação só ocorreu onze dias depois do plantio, tempo suficiente para as sementes de sorgo germinarem e se estabelecerem, assim, não ocorrendo competição entre o sorgo e a *U. ruziziensis*.

O consórcio de milho com *U. brizantha* cv. Marandu em Montividiu-GO, não diferiu do milho em monocultivo (Tabela 3), corroborando com Cobucci et al. (2001) e Garcia et al. (2016), e foram diferentes do milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, sendo este o melhor tratamento. Makino et al. (2019) avaliando a produção de massa e grãos de milho safrinha, consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, com diferentes populações de plantas, observou que as populações de plantas de milho têm grande influência sobre o consórcio e a produção de grãos.

Já o consórcio de milho com a *U. ruziziensis* não se destacou sendo diferente dos demais tendo baixo rendimento dos grãos. Neste caso o consórcio não foi benéfico havendo competição entre plantas, a *U. ruziziensis* apresenta boa proteção contra a erosão, além de habilidade para competir com plantas invasoras e desenvolvimento inicial rápido (Da Silva et al., 2009), e pode ter contribuído para a competição, pois esse comportamento foi observado durante os dois anos (Tabela 3 e 4). A *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás tem um desenvolvimento inicial lento (Burin, 2017) o que favorece o consórcio, pois não há intervenção com a cultura principal.

O IEA do sorgo (Tabelas 1 e 2) foi eficiente para o consórcio com *U. ruziziensis* somente no primeiro ano para ambos os locais, este índice permite comparar a eficiência do consórcio em relação ao monocultivo, e este índice quantifica o número de hectares necessários para que as produções dos monocultivos se igualem a de um hectare das mesmas culturas em associação (Carneiro et al., 2015). Já para a cultura do milho (Tabelas 3 e 4) em Montividiu-GO todos os consórcios foram eficientes obtendo valores acima de 1 e em Rio Verde-GO todos obtiveram valores abaixo de 1.

O rendimento do milho monocultivo em Rio Verde, foi o tratamento diferente dos demais (Tabela 4), esse comportamento pode ter sido influenciado pelo plantio no final da janela recomendada, as condições já não estavam favoráveis e o monocultivo se sobressaiu. Isso aconteceu porque nesse plantio tardio as forrageiras se sobressaíram na competição com a cultura agrícola influenciando no rendimento de grãos. O plantio nesse período foi escolhido, pois é o momento que os produtores da região iniciam os plantios das plantas de coberturas, dessa forma o estudo objetivou entender melhor o comportamento dos consórcios nesse período e orientar os produtores sobre o momento mais adequado de plantio. Segundo Borghi et al. (2012), a competição entre duas

espécies em culturas intercaladas pode levar a espigas menores e grãos mais leves em plantas de milho. Pariz et al. (2010) e Pereira et al. (2015), avaliando métodos de consórcio de milho com *U. ruziziensis*, *U. brizantha* e dois *Panicums* observaram que as espécies forrageiras e modalidades de semeadura não influenciaram a produção de grãos, mesmo resultado obtido por Almeida et al. (2017) avaliando métodos de consórcio de milho com *Panicum* (Tanzânia e Massai).

A massa de mil grãos é importante porque está diretamente relacionado ao potencial de rendimento do milho (Pereira, 2016). Em Montividiu-GO o único tratamento que diferiu dos demais para massa de mil grãos foi o milho consorciado com *U. ruziziensis* obtendo o menor valor, o que era esperado corroborando com os resultados de rendimento. Em Rio Verde-GO a massa de mil grãos do milho monocultivo foi igual ao milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu e diferente dos demais tratamentos. Esses resultados mostram que o consórcio com a *U. brizantha* cv. Marandu não interferiu no enchimento de grãos de milho em ambos os anos e locais, e esse consórcio foi o tratamento mediano entre os locais nos dois anos.

## Conclusões

O plantio tardio dos consórcios associado com a menor população de plantas da cultura agrícola pode ter favorecido as forrageiras na competição, principalmente no caso do milho. Dessa forma, é recomendado o plantio desses consórcios durante as condições de plantio mais favoráveis, para que assim, a cultura agrícola consiga se sobressair na competição e não ter influência no rendimento de grãos.

## Agradecimentos

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa ao 1º autor e ao GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano) e o Grupo Kompier, pelo total suporte técnico na condução do experimento.

## Referências

Almeida, R. E. M. de; Favarin, J. L.; Otto, R.; Pierozan Junior, C.; Oliveira, S. M. de; Tezotto, T.; Lago, B. C. Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn-

palisadegrass intercropping system. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 3, p. 352-360, 2017.

Balbinot Junior, A. A.; Franchini, J. C.; Debiassi, H.; Yokoyama, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.

Borghini, E., C.A.C. Crusciol, A.S. Nascente, G.P. Mateus, P.O. Martins, and C. Costa. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. *Crop and Pasture Science*, 2012. *Sci.* 63:1106–1113.

Burin, P. C. - Main forages and seeding rate in integration livestock. *Revista Electrónica de Veterinaria*, v. 18, nº 9, p. 1-24, 2017.

Carneiro, J. E. S.; Carvalho, A. J.; Oliveira, M. B. Cultivos consorciados. In: Carneiro, J. E. S.; Paula Júnior, T. J.; Borém, A. (Ed.). *Feijão do plantio a colheita*. Editora Federal de Viçosa, 2015. p. 300-325.

Ceccon, G. (Ed.). *Consórcio milho-braquiária*. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 175 p.

Cobucci T, Kluthcouski J, Aidar, H. Santa Fé System: forage production in the off season. In: Cobucci T, Kluthcouski J, Aidar, H (ed) Documento, 123. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antonio de Goiás. p.125-135, 2001.

Crusciol, C. A. C.; Mateus, G. P.; Pariz, C. M.; Borghini, E.; Costa, C.; Silveira, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 46, n.10, 2011.

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

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Unidade: Embrapa Agrosilvopastoral. *Folders: ILPF em números*, 2016.

Fancelli, A. L.; Tsumanuma, G. M. Planejamento minimiza competição entre espécies consorciadas. *Visão Agrícola*, n. 9, p. 198-203, 2009.

Garcia, C. M. P.; Costa, C.; Meirelles, P. R. L.; Andreotti, M.; Pariz, C. M.; Freitas, L. A.; Filho, M. C. M. T. Wet and dry corn yield under intercrop cultivation with marandu grass and/or dwarf pigeon pea and nutritional value of the marandu grass in succession. *Australian Journal of Crop Science*. v. 10, p. 1564 – 1571, 2016.

Kluthcouski, J.; Cordeiro, L. A. M.; Vilela, L.; Marchão, R. L.; Salton, J. C.; Macedo, M. C. M.; Zimmer, A. H.; Balbino, L. C.; Porfírio-da-Silva, V.; Müller, M. D. Conceitos e Modalidades da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: Cordeiro, L. A. M.; Vilela, L.; Kluthcouski, J.; Marchão, R. L. (Ed.). *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 103-119. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

KÖPPEN, W.P. *Grundriss der Klimakunde*. Berlin, Walter de Gruyter, 1931.

Makino, P. A.; Ceccon, G.; Fachinelli, R. Produtividade e teor de nutrientes em populações de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.18, n.2, p. 206-220, 2019.

Mateus, G. P., Crusciol, C. A. C., Pariz, C. M., Borghi, E., Costa, C., Martello, J. M., Franzluebbbers, A. J., Castilhos, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. *Agronomy Journal*, v. 108, p. 433-447, 2016.

Melotto, A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. *Revista Árvore*, v.33, n.3, p.425-432, 2009.

Pariz, C. M., Costa, C., Crusciol, C. A. C., Castilhos, A. M., Meirelles, P. R. L., Roça, R. O., Pinheiro, R. S. B., Kuwahara, F. A., Martello, J. M., Cavasano, F. A., Yasuoka, J. I., Sarto, J. R. W., Melo, V. F. P., Franzluebbbers, A. J. Lamb production responses to grass grazing in a companion crop system with corn silage and oversowing of yellow oat in a tropical region. *Agricultural Systems*, v. 151, p. 1-11, 2017.

Pariz, C. M. Desempenhos técnicos e econômicos de um sistema de Integração lavoura-pecuária com a cultura do milho e Adubação nitrogenada de capins dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* sob irrigação no cerrado. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2010.

Pereira, F. C. B. L., Mello, L. M. M., Pariz, C. M., Mendonça, V. Z., Yano, E. H., Miranda, E. E. V., Crusciol, C. A. C. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutriente cycling, subseqüente soybean and soil quality. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.40: 1-20, 2016.

Pereira, F. C. B. L.; Mendonça, V. Z.; Mello, L. M. M.; Holanda, H. V.; Yano, E. H. Consorciação de forrageiras com milho outonal em plantio direto: produção de grãos e palha. *Cultura Agrônômica, Ilha Solteira*, v.24, n.1, p.17-26, 2015.

Ribeiro, M. G.; Costa, K. A. P.; SILVA, A. G.; Severiano, E. C.; Simon, G. A.; Cruvinel, W. S.; Silva, V. R.; Silva, J. T. Grain sorghum intercropping with *Brachiaria brizantha* cultivars in two sowing systems as a double crop. *African Journal of Agricultural Research*, Lagos, v. 10, n. 39, p. 3759-3766, 2015.

Silva, A. R.; Sales, A.; Veloso, C. A. C.; Carvalho, E. J. M. Híbrido de milho (BRS 1030) submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Global Science and Technology*, v. 08, n. 03, p. 50-58, 2014.

Souza, E. D. et al. Sistemas integrados de produção agropecuária: consórcio de culturas graníferas com forrageiras perenes tropicais. *Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil*, 1º ed., p. 145-162, 2018.

Willey, R. W. Intercropping - its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advan-tagens. *Field Crop Abstracts*, v. 32, n. 1, p. 1-10, 1979.

Zhang F, Li L (2003) Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant Soil*, v. 248, n. 1, p. 305-312, 2003.

## CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a revista Agricultural Systems).

### Decomposição de biomassa de culturas agrícolas e plantas de cobertura em sistemas integrados de produção no cerrado

Resumo – O SPD necessita de aporte constante de resíduos vegetais na superfície do solo e as culturas comerciais cultivadas em monocultivo, muitas vezes, não produzem palhada em quantidade suficiente para cobrir e proteger adequadamente o solo ao longo do ano. O consórcio de culturas com forrageiras e as plantas de cobertura são uma alternativa. O intuito deste estudo foi avaliar o rendimento de massa seca de plantas de cobertura e a decomposição das diferentes palhadas produzidas em sistemas integrados de produção. O estudo foi conduzido durante o ano agrícola de 2018 e 2019 no município de Rio Verde – GO. Os tratamentos avaliados foram: 1) Milho em monocultivo; 2) Milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*; 3) *U. ruziziensis* em monocultivo; 4) Sorgo consorciado com *U. ruziziensis*; 5) Sorgo em monocultivo; 6) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; 7) *U. brizantha* cv. Marandu solteira; 8) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás; 9) *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás solteira; 10) Girassol consorciado com *U. ruziziensis*; 11) *Crotalaria spectabilis*; 12) Milheto; 13) Mix (Milheto, *C. spectabilis* e *U. ruziziensis*). Quando algum efeito foi considerado significativo ( $p < 0,05$ ), as médias foram obtidas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico R. Entre os consórcios, o de milho com *U. brizantha* cv. Marandu produziu a maior quantidade de biomassa. Entre as palhadas a que se manteve em maior quantidade ao ciclo final da soja foi o milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás. A palhada de milho em monocultivo obteve o maior tempo de meia vida.

**Termos para indexação:** Adubo verde. Palhada. Resíduos vegetais. Integração Lavoura-Pecuária. Massa seca.

## **Biomass decomposition of crops and cover crops in integrated cerrado production systems**

Abstract – The SPD requires a constant supply of plant residues on the soil surface and commercial crops grown in monoculture often do not produce enough straw to adequately cover and protect the soil throughout the year. The consortium of crops with forage and cover crops is an alternative. The aim of this study was to evaluate the dry mass yield of cover plants and the decomposition of different straws produced in integrated production systems. The study was carried out during the agricultural year of 2018 and 2019 in the municipality of Rio Verde - GO. The evaluated treatments were: 1) Corn in monoculture; 2) Corn intercropped with *Urochloa ruziziensis*; 3) *U. ruziziensis* in monoculture; 4) Sorghum intercropped with *U. ruziziensis*; 5) Sorghum in monoculture; 6) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. Marandu; 7) *U. brizantha* cv. Marandu single; 8) Corn intercropped with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás; 9) *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás single; 10) Sunflower intercropped with *U. ruziziensis*; 11) *Crotalaria spectabilis*; 12) Millet; 13) Mix (*Millet*, *C. spectabilis* and *U. ruziziensis*). When any effect was considered significant ( $p < 0.05$ ), the means were obtained by the method of least squares and compared by Tukey test, at 5% probability, using the statistical software R. Among the consortia, the corn with *U. brizantha* cv. Marandu produced the largest amount of biomass. Among the straws that most remained in the final soybean cycle was corn intercropped with *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás. Single-crop corn straw obtained the longest half-life.

Index terms: Green manure crops. Cover crops. Vegetal waste. Crop-Livestock Integration. Dry mass.

## **Introdução**

Um dos princípios básicos do Sistema de Plantio Direto (SPD) é o uso de práticas de manejo que protejam o meio ambiente, como a manutenção eficiente dos resíduos na superfície do solo (palhada) (Crusciol et al., 2015). A escolha das espécies a serem utilizadas para palhada varia de acordo a região, sendo preferíveis espécies adaptadas às condições edafoclimáticas locais, que apresentem um desenvolvimento mais rápido e, maior produção de matéria seca (Algeri et al., 2018). O cultivo de adubos verdes no Bioma Cerrado pode apresentar variações na produção de matéria seca de acordo com o genótipo da planta, condições edafoclimáticas, práticas de manejo utilizadas e população de plantas (Amabile et al., 2000).

De acordo com Rossi et al. (2011) nesta região, a rápida decomposição da palhada vegetal é um dos maiores entraves na manutenção do SPD, em que as taxas de decomposição podem situar-se entre cinco até dez vezes superiores às taxas de regiões

de clima temperado (Landers, 2007). Nas condições de elevadas temperaturas e umidade nas regiões de clima tropical, a decomposição dos resíduos vegetais ocorre de maneira de acelerada, dificultando a manutenção desses resíduos sobre o solo, portanto, deve-se atentar para a quantidade e durabilidade do material utilizado como cobertura (Mendonça et al., 2015).

Desta maneira, o uso de espécies forrageiras, como as do gênero *Urochloa* para a formação de palha, vem despertando o interesse de muitos agricultores e pesquisadores (Pariz et al., 2011, Rossi et al., 2011). Essas gramíneas são de grande potencial na manutenção da palha sobre o solo pela sua alta relação C/N e lignina/N total, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, como o Cerrado (Teixeira et al., 2011, Pariz et al., 2011). O milho também produz grandes quantidades de matéria seca e pode aumentar a produção de resíduos consorciados com essas forrageiras, com efeitos positivos nas propriedades físicas do solo e produtividade da soja subsequente (Chioderoli et al., 2010; 2012). No geral, culturas de cobertura contribuem para a recuperação e ciclagem de nutrientes, reduzindo o risco de erosão do solo e auxiliando no controle de pragas e doenças (Tanaka et al., 2019).

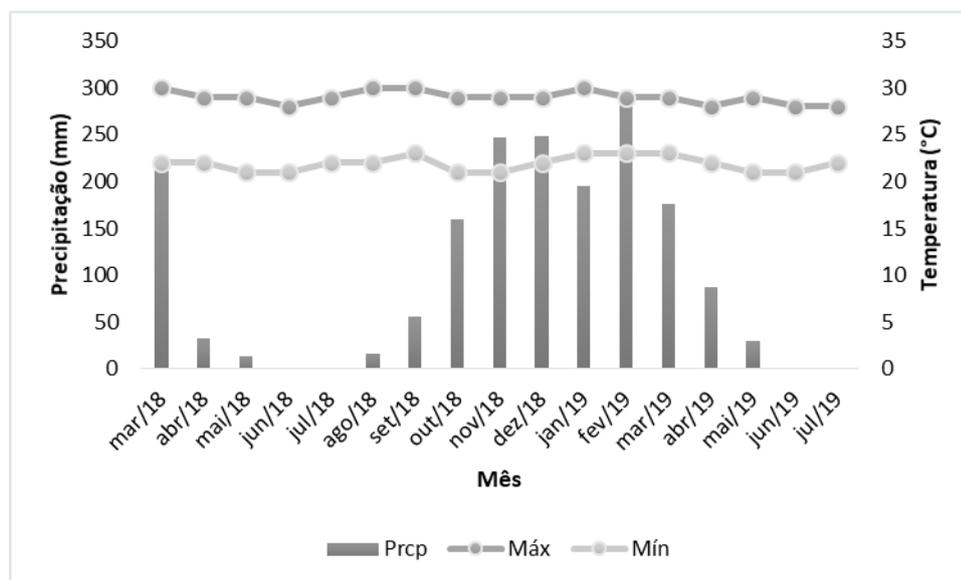
A inclusão de espécies com diferentes sistemas radiculares e resíduos vegetais com diferentes taxas de C / N e lignina / N podem influenciar nas taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes (Pereira et al., 2016). As constantes de decomposição tendem a ser menor em gramíneas, isso se dá pela maior relação C/N dessas plantas (Silva et al., 2012). Diniz et al., 2019 avaliando a taxa de decomposição da *Urochloa ruziziensis* em sistemas de semeadura direta e convencional observou que a decomposição ocorreu de forma mais acentuada até os primeiros 40 dias de decomposição para ambos os sistemas. Assim, o intuito deste estudo foi avaliar o rendimento de massa seca de plantas de cobertura e a decomposição das diferentes palhadas produzidas em sistemas integrados de produção.

## **Material e Métodos**

### **a) Descrição da área experimental**

O estudo foi conduzido durante os anos agrícolas de 2018 e 2019 no município de Rio Verde, GO (17° 47' 53" latitude e 50° 55' 41" longitude, altitude de 715 m), em área experimental do GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano). Com relação às características físicas do solo tem-se: 52,0% de areia, 40,5% de argila e 7,5% de silte. Os resultados das propriedades químicas do solo foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5; matéria

orgânica (MO) 18,7 g dm<sup>-3</sup>; P (mel) 3,2 mg dm<sup>-3</sup>; H + Al, K, Ca, Mg: 3,6; 0,11; 1,41 e 0,54 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação por base 36%. Adotando os critérios propostos por Köppen (1931), o clima é classificado como savana tropical com invernos secos e verões chuvosos (Aw) com uma média precipitação anual superior a 1.600 mm (Figura 1).



**Figura 1.** Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluviométrica (durante o período do experimento em campo nos dois anos 2018 e 2019), extraídos da Estação Meteorológica da área experimental do Gapes, localizada no município de Rio Verde – GO.

#### b) Tratamentos avaliados

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em faixas de 30x50 m (1500 m<sup>2</sup>) por tratamento. As palhadas avaliadas foram: 1) Milho em monocultivo; 2) Milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*; 3) *U. ruziziensis* em monocultivo; 4) Sorgo consorciado com *U. ruziziensis*; 5) Sorgo em monocultivo; 6) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; 7) *U. brizantha* cv. Marandu solteira; 8) Milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás; 9) *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás solteira; 10) Girassol consorciado com *U. ruziziensis*; 11) *Crotalaria spectabilis*; 12) Milheto; 13) Mix (Milheto, *C. spectabilis* e *U. ruziziensis*).

O plantio foi realizado no dia 14 de março de 2018 (primeiro ano) e dia 09 de março de 2019 (segundo ano). O plantio do milho e o do sorgo em monocultivo foi realizado por uma semeadora, que utilizou a população de 50.000 e 130.000 plantas por hectare para o milho e para o sorgo, respectivamente. Nos tratamentos com consórcios, foi acoplada uma semeadora a lança na parte dianteira do trator e as operações foram

realizadas simultaneamente com a cultura agrícola semeada com semeadora de linhas na parte traseira. Manteve-se a população de plantas para as culturas agrícolas e adotado 400 pontos de valor cultural de sementes para as forrageiras. Para os tratamentos com as forrageiras em monocultivo foi adotado 800 pontos de valor cultural para a semeadura. Já nos tratamentos com milho e *Crotalaria spectabilis* foi adotada uma taxa de semeadura de 20 kg de sementes por hectare. Com relação ao mix foi adotada a taxa de semeadura de 400 pontos de valor cultural por hectare para as plantas forrageiras, 10 kg de sementes de milho por hectare e 10 kg de sementes de *Crotalaria spectabilis* por hectare. A adubação de plantio foi planejada conforme as características de solo sendo 75 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 21 dias após o plantio. O manejo de pragas, plantas daninhas e doenças realizado foi:

- Primeiro manejo de herbicida (1 dia após o plantio): 2 L ha<sup>-1</sup> de Gramoxone em todos os tratamentos.
- Segundo manejo de herbicida e primeiro manejo de inseticida (22 dias após o plantio): 2 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina e 0,15 kg ha<sup>-1</sup> de Ampligo® + 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Match® em todos os tratamentos.
- Segundo manejo de inseticida (28 dias após o plantio): 0,20 mL ha<sup>-1</sup> de Benzoato + 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Match® em todos os tratamentos.
- Manejo fúngico girassol: Primeiro (35 dias após o plantio) 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de Bravonil® + 0,25 L ha<sup>-1</sup> de Score®; Segundo (55 dias após o plantio) e terceiro (65 dias após o plantio) 1 L ha<sup>-1</sup> de Zignal® + 0,25 L ha<sup>-1</sup> de Score®.

#### c) Avaliações realizadas

A colheita foi realizada no mês de julho nos dois anos, após, realizou-se a dessecação (29/09/18 no primeiro ano e 05/09/19 no segundo ano) em todos os tratamentos com 5 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato e adicionando 1,5 L ha<sup>-1</sup> de 2,4-D no tratamento com crotalária. Após 10 dias da dessecação foram amostrados oito pontos aleatórios em cada tratamento para compor as médias para o rendimento de biomassa, com auxílio de um quadrado de 0,5 m x 0,5 m totalizando uma área útil de 0,25 m<sup>2</sup>. A biomassa era coletada e pesada, depois retirava-se uma subamostra que foi acondicionada em sacos de papel e levados para a estufa de circulação forçada de ar (55°C) durante 72 horas e pesados novamente para a determinação da massa seca.

Para avaliar a decomposição, utilizou-se o método das bolsas de decomposição ('litter bags') (Silva et al., 1997; Espíndola et al., 1998). A avaliação da decomposição

das palhadas foi realizada somente no primeiro ano do trabalho. Essas bolsas foram confeccionadas em nylon com área interna de 0,06 m<sup>2</sup>. Em cada bolsa foi colocada a quantidade proporcional da área coletada para a área da bolsa dos resíduos vegetais de cada tratamento. Em seguida, foram distribuídas oito bolsas para cada tempo aleatoriamente em cada tratamento, no dia 11/10/2018 sendo os tempos avaliados de 30, 60, 90 e 120 dias após a dessecação, totalizando 40 bolsas por tratamento, durante o ciclo da soja que foi semeada no dia 19/10/2018. O material coletado também foi seco em estufa de circulação forçada de ar (55°C) durante 72 horas e pesado para determinação da matéria seca remanescente por diferença de pesagem. Foram observadas as médias de pluviosidade (Figura 2) e temperatura durante a condução do experimento.

#### d) Análise dos dados

Os dados foram avaliados em relação a presença de outliers e posteriormente quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância. A partir dos resultados obtidos foram determinadas as taxas de decomposição da biomassa utilizando o modelo matemático exponencial negativo simples descrito por Thomas e Asakawa (1993).

$$C = C_0 \cdot e^{-kt}$$

Em que C é a quantidade de massa seca, depois de um período de tempo t, em dias; C<sub>0</sub> refere-se à quantidade de massa seca no início da decomposição; k é a constante de decomposição.

Os coeficientes da equação foram determinados por uma análise de modelos não lineares mistos no R utilizando o pacote “nlme”. As repetições dentro de tratamento foram consideradas como efeito aleatório. Já os coeficientes e tratamentos considerados como efeitos fixos.

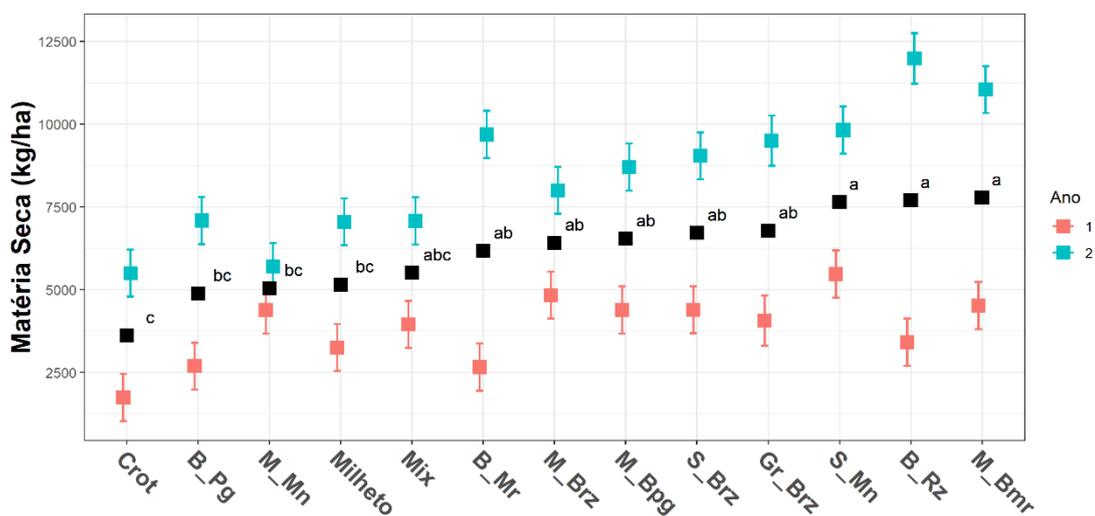
O tempo de meia vida (T<sup>1/2</sup>), tempo necessário para decomposição de 50% da massa, foi calculado a partir dos valores k do modelo matemático em que:

$$T^{1/2} = \ln 0,5/k$$

Posteriormente, os coeficientes da regressão não linear de decomposição da biomassa e o tempo de meia vida foram submetidos a análise de variância determinando o efeito de tratamento. Quando este efeito foi considerado significativo (p<0,05), as médias foram obtidas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, usando a função CLD do pacote “emmeans”.

## Resultados

Os tratamentos que produziram maior quantidade de biomassa (Figura 2) sendo iguais estatisticamente ( $p < 0,05$ ) foram o milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, a *U. ruziziensis* e sorgo monocultivo e a crotalária teve a menor produção de biomassa. Os tratamentos *U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis* tiveram um comportamento semelhante, no primeiro ano produziram em torno de 4000 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca e no segundo ano produzindo em torno de 11000 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. O milho monocultivo manteve a produção média de 5000 Kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca demonstrando estabilidade.



M\_Mn: milho monocultivo; M\_Brz: milho consorciado com *U. ruziziensis*; M\_Bpg: milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás; M\_Bmr: milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; Crot: crotalária; B\_Pg: *U. brizantha* cv. Paiaguás; B\_Mr: *U. brizantha* cv. Marandu; S\_Brz: sorgo consorciado com *U. Ruziziensis*; G\_Brz: girassol consorciado com *U. ruziziensis*; S\_Mn: sorgo monocultivo. Valores seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Figura 2.** Médias de produção de matéria seca. Estação experimental do GAPES, Rio Verde – GO.

A curva de decomposição de massa seca remanescente seguiu um modelo de equação exponencial, a que melhor se ajustou aos dados, sendo significativa ( $p < 0,05$ ), com destaque para o sorgo em monocultivo (Tabela 1) que foi o sistema que mais produziu, e a crotalária com menor produção. Os demais tratamentos se igualaram estatisticamente obtendo comportamentos semelhantes.

A constante de decomposição (Tabela 1) obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), e a crotalária obteve a maior constante e os tratamentos de milho monocultivo e milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás, a menor, os demais tratamentos obtiveram constantes iguais estatisticamente.

O tempo de meia-vida foi significativo ( $p < 0,05$ ), e o milho monocultivo (Tabela 1) teve o maior tempo de 467 dias, e os tratamentos crotalária, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. ruziziensis*, Girassol consorciado com *U. ruziziensis*, milheto, *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás e o mix, obtiveram os menores tempos de meia vida 89, 108, 119, 128, 139, 128 e 149 dias, respectivamente e sendo iguais estatisticamente. Os demais tratamentos foram iguais e tiveram tempo de meia-vida intermediários.

**Tabela 1.** Ajustes de regressão exponencial para decomposição de massa seca e palhada remanescente (Equação) e tempo de meia vida ( $T^{1/2}$ ) dos diferentes sistemas de produção agrícola. Estação de pesquisa GAPES, Rio Verde, GO, safra 2018/2019.

Sistemas	Equação	$T^{1/2}$ (dias)
Crotalária	$y = 1673 * e^{-0,00786 * \text{dias}}$	89 c
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	$y = 2588 * e^{-0,00681 * \text{dias}}$	108 c
<i>U. ruziziensis</i>	$y = 2812 * e^{-0,00628 * \text{dias}}$	119 c
Girassol+ <i>U. ruziziensis</i>	$y = 4155 * e^{-0,00575 * \text{dias}}$	128 c
Milheto	$y = 3147 * e^{-0,00575 * \text{dias}}$	139 c
<i>U. brizantha</i> cv. BRS Paiaguás	$y = 2666 * e^{-0,00569 * \text{dias}}$	128 c
Mix	$y = 3901 * e^{-0,00519 * \text{dias}}$	149 c
Sorgo+ <i>U. ruzizienis</i>	$y = 4463 * e^{-0,00517 * \text{dias}}$	162 bc
Sorgo monocultivo	$y = 5460 * e^{-0,00484 * \text{dias}}$	194 abc
Milho+ <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	$y = 4490 * e^{-0,004 * \text{dias}}$	240 abc
Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	$y = 4896 * e^{-0,00364 * \text{dias}}$	439 ab
Milho+ <i>U. brizantha</i> cv. Paiaguás	$y = 4373 * e^{-0,00249 * \text{dias}}$	320 abc
Milho monocultivo	$y = 4344 * e^{-0,00247 * \text{dias}}$	467 a

y = massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); dias = dias após manejo da palhada.; O símbolo + significa consorciado. Valores seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Na data do plantio da soja o tratamento com maior quantidade de palhada sobre o solo (Tabela 2) foi o sorgo monocultivo e o com menor quantidade foi a crotalária. Na fase de florescimento da soja, 50 dias após a instalação dos saquinhos no campo, o tratamento com mais palhada remanescente continuou sendo o sorgo monocultivo e a crotalária com menor quantidade. No dia da colheita o tratamento com maior quantidade de palhada sobre o solo foi o milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Paiáguas.

**Tabela 2.** Quantidade de palhada remanescente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) no plantio (8 dias após o início do experimento de decomposição), florescimento (50 dias após o início do experimento de decomposição) e momento da colheita da soja. Estação de pesquisa GAPES, Rio Verde, GO, safra 2018/2019.

Sistemas	Massa seca Plantio ( $\text{kg ha}^{-1}$ )*	Massa seca Florescimento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )*	Massa seca Colheita ( $\text{kg ha}^{-1}$ )*
Crotalária	1571,04	1129,32	651,432
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	2450,78	1841,14	1143,03
<i>U. ruziziensis</i>	2674,22	2054,22	1323,52
Girassol+ <i>U. ruziziensis</i>	3968,2	3116,82	2084,05
Milheto	3005,52	2360,68	1578,46
<i>U. brizantha</i> cv. BRS Paiaguás	2547,36	2005,87	1346,86
Mix	3742,35	3009,38	2092,65
Sorgo+ <i>U. ruzizienis</i>	4282,18	3446,37	2399,89
Sorgo monocultivo	5252,63	4286,41	3054,6
Milho+ <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	4348,59	3676,1	2778,34
Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	4755,48	4081,31	3163,31
Milho+ <i>U. brizantha</i> cv. Paiaguás	4286,75	3861,09	3243,49
Milho monocultivo	4259,01	3839,32	3229,72

y = massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); dias = dias após manejo da palhada.; O símbolo + significa consorciado.

determinadas pela equação de decomposição de palhada (Tabela 1) dos diferentes sistemas de produção agrícola.

\*Dia do plantio: 19/10/2018; Dia do florescimento: 30/11/2018; Dia da colheita: 06/02/2019.

## Discussões

Sob as condições do Cerrado com invernos secos e quentes, por causa da rápida decomposição dos resíduos da planta deixados na superfície do solo, quantidades anuais de resíduos até  $12.000 \text{ kg ha}^{-1}$  tornam-se necessárias (Chioderoli et al., 2010, 2012; Pariz et al., 2011). Este montante só pode ser produzido em sistemas que incluam o uso de plantas de cobertura integradas em consórcios ou rotação de culturas. Neste estudo os tratamentos constituídos por milho em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis* produzindo mais de  $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca (Figura 3), podendo ser indicados para as regiões do Cerrado. De acordo com Pariz et al. (2011), produtividades de matéria seca de forrageiras em consórcio com milho acima de  $2500 \text{ kg ha}^{-1}$  são satisfatórias. As produtividades de matéria seca encontradas nos consórcios das forrageiras com milho ficaram entre  $6000$  e  $7500 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 3), esses valores de produção podem ser relacionados ao estande de plantas utilizado e as adaptações que os capins tendem a ter quando consorciados, em vez do fechamento do dossel eles estiulam (Soares et al., 2009).

Segundo Garcia et al. (2016) consórcios de forrageiras perenes tropicais e leguminosas com as culturas de milho e sorgo tem sido cada vez mais utilizado, com resultados positivos para a produtividade de grãos e forragem. Moraes (2001) observou valores de biomassa seca de 10.700 kg ha<sup>-1</sup> e Oliveira (2001) valores de 15.500 kg ha<sup>-1</sup>, corroborando com os valores elevados encontrados para o sorgo neste trabalho (Figura 2). Entretanto, esses elevados valores estavam relacionados a rebrota da cultura.

A crotalária produziu o menor valor de biomassa devido seu porte e características agrônômicas produzindo em torno de 3000 kg ha<sup>-1</sup>, divergindo de Soratto et al. (2012) que obteve valores de produção em torno de 8000 kg há<sup>-1</sup> e corroborando com Algeri (2018). Isso pode se dar pelas diferenças climáticas das regiões em que foram desenvolvidos os ensaios e do momento da colheita do material. Neste trabalho, a crotalária foi coletada no fim do estágio reprodutivo, visando a padronização de coleta entre os outros tratamentos.

A cinética do processo de decomposição dos resíduos culturais apresentou padrão semelhante, e teve a fase inicial de decomposição mais rápida e a fase final mais lenta corroborando com Rossi et al. (2013) e Pereira et al. (2016). Esse comportamento pode estar relacionado a exposição das bolsas a umidade e temperatura serem maior nos primeiros tempos de avaliação, pois a soja está em desenvolvimento inicial sem fechamento do dossel, quando isso acontece o microclima que a bolsa está submetida muda, e a degradação é mais lenta. A constante de decomposição foi menor nos tratamentos compostos por milho, isso se dá pela maior relação C/N do milho (Silva et al., 2012) demorando mais tempo para decompor assim permanecendo por maior tempo na superfície do solo. Já a crotalária obteve maior valor, em relação aos outros tratamentos, da constante de decomposição, decompondo-se mais rapidamente. A decomposição envolve vários fatores como atividade microbiano do solo, umidade e temperatura, todos interferem na cinética do processo de decomposição o tornando mais rápido ou mais lento (Torres et al. 2008).

O milho monocultivo (Tabela 1) teve o maior tempo de meia vida de 467 dias, e os tratamentos crotalária, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. ruziziensis*, Girassol consorciado com *U. ruziziensis*, milheto, *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás e o mix, obtiveram os menores tempos de meia vida 89, 108, 119, 128, 139, 128 e 149, respectivamente. Estes resultados corroboram com os resultados observados por Torres et al. 2008 e Soratto et al. (2012) e divergindo de Torres et al. (2008); Fabian (2009) e Leite et al. (2010). O menor tempo de meia-vida da crotalária está relacionado com a sua maior relação C/N.

No dia da semeadura da soja o tratamento com maior quantidade de palhada sobre o solo era o sorgo monocultivo (Tabela 2) e se manteve também no período de florescimento, esse comportamento pode ser explicado por ser o tratamento que produziu a maior quantidade de palhada inicial e por sua maior relação C/N demorando mais tempo para se decompor cobrindo o solo por mais tempo, essa alta produção de palhada se deve a rebrota do sorgo, pois o tempo entre colheita e dessecação foi de 60 dias, tempo considerável para a cultura rebrotar. A crotalária foi a que teve a menor quantidade de palhada inicial e manteve o tratamento com menor quantidade de palhada tanto no dia da semeadura quanto na fase de florescimento da soja.

Os tratamentos girassol consorciado com *U. ruziziensis* e sorgo monocultivo (Tabela 2) foram os que perderam maior quantidade de palhada entre o plantio e o florescimento da soja, isso pode ter ocorrido devido a cinética de decomposição. Já o tratamento que obteve a maior quantidade de palhada remanescente sobre o solo, no momento da colheita, foi o milho consorciado com *U. brizantha* cv. Paiáguas, como o milho tem alta relação C/N e a paiáguas mais baixa o consórcio entre as duas possibilitou uma dinâmica na taxa de decomposição.

Santos et al. (2014) obteve um tempo de meia vida para milho consorciado com *U. ruziziensis* de 115 dias no cerrado baiano, já neste trabalho o tempo de meia-vida deste consórcio foi de 439 dias, este tempo maior pode estar relacionado com a alta relação C/N do milho e as condições de temperatura e umidade do ambiente que foi realizado o estudo. Torres & Pereira (2014) realizaram um estudo durante 5 anos com milheto e obtiveram tempo de meia-vida entre 112 e 151 dias durante o período estudado, corroborando com o resultado encontrado neste estudo de 139 dias. As plantas de cobertura que apresentam maior tempo de meia-vida e menor taxa de decomposição proporcionam elevada porcentagem de cobertura do solo, aumentando a produtividade das culturas comerciais subsequentes, com destaque para a soja (Carvalho et al., 2004; Fabian, 2009). Chioderoli et al. (2012) e Garcia et al. (2014) não constataram diferença na produção de grãos de soja sobre as palhadas da *U. brizantha*, *U. ruziziensis* e *U. decumbens*, por outro lado Pereira et al. (2016) observou aumento de produtividade de soja sobre palhada de forrageiras comparando com o milho em monocultivo.

## Conclusões

Entre os consórcios, o de milho com *U. brizantha* cv. Marandu produziu a maior quantidade de biomassa. Entre as palhadas a que se manteve com maior quantidade ao ciclo final da soja foi o milho consorciado com *U. brizantha* cv. Paiáguas. A palhada de milho monocultivo apresentou o maior tempo de meia vida.

## Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa ao 1º autor e ao GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano), pelo total suporte técnico na condução do experimento.

## Referências

Algeri, A.; Vilar, C. C.; Ushiwata, S. Y.; Reis, R. G. E. Produção de biomassa e cobertura do solo por milheto, braquiária e crotalaria cultivados em cultura pura e consorciados. *Gl. Sci Technol*, Rio Verde, v.11, n.02, p.112-125, mai/ago. 2018.

Amabile, R. F.; Fancelli, A. L.; Carvalho, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n.1, p. 47-54, 2000.

Carvalho, M. A. C.; Athayde, M. L. F.; Soratto, R. P.; Alves, M. C.; Arf. O Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de semeadura direta e convencional em solo de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, 2004.

Chioderoli CA, Mello LMM, Grigolli PJ, Silva JOR, Cesarin AL. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 1101-1109, 2010.

Chioderoli CA, Mello LMM, Holanda HV, Furlani CEA, Grigolli PJ, Silva JOR, Cesarin AL. Consórcio de *Urochloa* com milho em sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 42, p. 1804-1810, 2012.

Costa, N. R., Andreotti, M.; Buzetti, S., Lopes, K. S. M., Santos, F. G., Pariz, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 1223-1233, 2014.

Crusciol, C. A. C., Nascente, A. S., Borghi, E., Soratto, R. P., Martins, P. O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisade grass cover crops. *Agronomy Journal*, v. 107, p. 2271-2280, 2015.

Diniz, J. F.; Oliveira, J. T.; Borges, M. C. R. Z.; Nogueira, K. B.; Roque, C. G. Decomposição da palhada de *Urochloa ruziziensis* em diferentes sistemas de semeadura e correção do solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 27, n. 4, p. 370-380, 2019.

Espíndola, J. A.; Guerra, J. G. M.; Almeida, D. L.; Teixeira, M. G.; Urquiaga, S.; Perin, A. Decomposição in situ da parte aérea de algumas leguminosas perenes usadas como cobertura viva do solo. In: FERT BIO98, 1998, Caxambú. Anais... Caxambú: UFLA/SBCS/SBM, 1998b. p. 110.

Fabian, A.J. Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2009, 118p.

Garcia, C. M. P.; Costa, C.; Meirelles, P. R. L.; Andreotti, M.; Pariz, C. M.; Freitas, L. A.; Filho, M. C. M. T. Wet and dry corn yield under intercrop cultivation with marandu grass and/or dwarf pigeon pea and nutritional value of the marandu grass in succession. *Australian Journal of Crop Science*. v. 10, p. 1564 – 1571, 2016.

KÖPPEN, W.P. Grundriss der Klimakunde. Berlin, Walter de Gruyter, 1931.

Landers, J. N. Tropical crop-livestock system in conservation agriculture: the Brazilian experience. Roma: FAO, 2007. 92p. (FAO. Integrated Crop Management, 5). Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1083e/a1083e.pdf>. 05 Feb. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

Mateus, G. P., Crusciol, C. A. C., Pariz, C. M., Borghi, E., Costa, C., Martello, J. M., Franzluebbbers, A. J., Castilhos, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. *Agronomy Journal*, v. 108, p. 433-447, 2016.

Mendonça, V. Z.; Mello, L. M. M.; Andreotti, M.; Pariz, C. M.; Yano, E. H.; Pereira, F. C. B. L. Liberação de nutrientes pela palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v. 39, p. 183 - 193, 2015.

Moraes, R. N. S. Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. 2001. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Oliveira, T. K. Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Pacheco, L.P.; Leandro, W.M.; Machado, P.L.O. de A.; Assis, R.L. de; Cobucci, T.; Madari, B.E.; Petter, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.17-25, 2011.

Pariz CM, Andreotti M, Buzetti S, Bergamaschine FA, Ulian NA, Furlan LC, Meirelles PRL, Cavasano FA. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, v. 35:2029-37, 2011.

Pereira, F. C. B. L., Mello, L. M. M., Pariz, C. M., Mendonça, V. Z., Yano, E. H., Miranda, E. E. V., Crusciol, C. A. C. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutriente cycling, subseqüente soybean and soil quality. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.40: 1-20, 2016.

Rossi, C. Q.; M. G.; Giácomo, S. G.; Betta, M.; Polidoro, J. C. Litter decomposition and nutrient release from Brachiaria, Sorghum and soybean in no-tillage areas in the Cerrado region, Goiás. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

Rossi, C. Q.; Pereira, M. G.; Giacomo, S. G.; Betta, M.; Polidoro, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. *Bragantia*, v.70, n.3, p.622-630, 2011.

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 Ciências do Solo*, v. 38, p. 1855-1861, 2014.

Silva, J.A.N.; Souza, C.M.A.; Silva, C.J.; Bottega, S.P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.769-775, 2012.

Silva, M. L. N.; Curi, N.; Blancaneaux, P.; Lima, J. M.; Carvalho, A. M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo VermelhoEscuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 32, n. 6, p. 649-654, 1997.

Soratto, R. P.; Crusciol, C. A. C.; Costa, C. H. M.; Neto, J. F.; Castro, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n.10, p.1462-1470, 2012.

Soares A. B.; Sartor, L. R.; Adami, P. F.; Varella, A. C.; Fonseca, L.; Mezzalira, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *R. Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

Tanaka, K. S.; Crusciol, C. A. C.; Soratto, R. P.; Momesso, L.; Costa, C. H. M.; Franzluebbbers, A. J.; Junior, A. O.; Calonego, J. C. Nutrients released by Urochloa cover crops prior to soybean. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 113, n. 3, p. 267-281, 2019.

Teixeira, M. B.; Loss, A.; Pereira, M. G.; Pimentel, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.3, p.867-876, 2011.

Thomas, R. J.; Asakawa, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology & Biochemistry, Oxford*, v. 25, n. 10, p. 1351- 1361, 1993.

Torres, J. L. R.; Pereira, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

Torres, J. L. R.; Pereira, M. G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num latossolo no cerrado mineiro. *Communicata Scientiae* 5(4): 419-426, 2014.

## Conclusão Geral

Os sistemas integrados de produção agropecuária são a chave para sistemas produtivos sustentáveis trazendo um sinergismo benéfico entre os componentes, em que a diversificação das culturas, com a utilização das plantas de coberturas, beneficia a cultura subsequente e colabora com a sustentabilidade do plantio direto. O consórcio de culturas comerciais e forrageiras é uma alternativa considerável para produção de grãos e palhada e a *U. ruziziensis* e a *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás são promissoras e têm grande potencial para a consorciação com milho obtendo rendimentos equiparados ao milho monocultivo. O consórcio de milho com *Urochloa* é uma opção para formação de palhada para cultura subsequente, pois tem constante de decomposição diferentes propiciando uma dinâmica na permanência desta palhada no solo, podendo influenciar em rendimentos maiores da cultura subsequente. Estes resultados foram observados ao longo de duas safras trazendo robustez nos dados apresentados, mas também abre novas perspectivas de pesquisas a longo prazo.